إدارة مشروعات التشييد

Construction Project Management

الدكتور

إبراهيم عبد الرشيد نصير

أستاذ مساعد هندسة وإدارة مشروعات التشييد

كلية الهندسة –جامعة عين شمس

بطاقة فهرسة

فهرسة أثناء النشر إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية

إدارة الشئون الفنية

نصير، إبراهيم عبد الرشيد
إدارة مشروعات التشييد/ د.إبراهيم عبد الرشيد - ط٢ - القاهرة
دار النشر للجامعات، ٢٠٠٦.
٢٨٨ص، ٢٤سم.
تدمك ٠ ١٨٧ ٣١٦ ٩٧٧
١- الإنشاءات.
٢- الأساسات.
أ- العنوان
٦٢٤,١

تاريخ الإصدار: ١٤٢٨هـ - ٢٠٠٧م

حقوق الطبع: محفوظة للمؤلف

الناشر: دار النشر للجامعات

رقم الإيداع: ٢٠٠٦/١٨٩٣٤

الترقيم الدولي: I.S.B.N: 977- 316-187-0

الكود: ٣/٣٧٦

دار النشر للجامعات - مصر
ص.ب (١٣٠ محمد فريد) القاهرة ١١٥١٨
تليفون: ٦٣٤٧٩٧٦ - تليفاكس: ٦٤٤٠٠٩٤
E-mail: darannshr@Link.net

إدارة مشـروعـات التشييـد

Construction Project Management

بسم الله الرحمن الرحيم

كلمة المؤلف

لقد أمر الله سبحانه وتعالى الإنسان بالعيش على الأرض وعمارتها، ومع بداية الخلق بدأ الإنسان عمارة الأرض ببناء الأكواخ والعيش فيها لكي تقيه تقلبات الطبيعة وعواصف السماء واستغل الإنسان في ذلك المواد الطبيعية الموجودة علي الأرض مثل: الأحجار، وأخشاب الشجر ليصنع منها كهوفًا وأكواخًا .

ومع انتشار الإنسان علي وجه الأرض بدأ التفكير في ربط أماكن التجمع السكاني بعضها البعض وذلك بتمهيد الطرق وشق الترع، ثم تطور الأمر إلي إنشاء المدن في شتى أرجاء الأرض. وبدأ الإنسان في تشييد خطوط للسكك الحديدية، وإنشاء المطارات تمهيداً لتنظيم حركة صعود وهبوط الطائرات، وكذلك تشييد المواني لاستقبال السفن كوسيلة نقل مائية .

وتطورت حياة الإنسان بالتفكير في استغلال الطاقات المتاحة له بتشييد ما يناسبها من منشآت مثل: إقامة السدود لاستغلال الموارد المائية، ومحطات الطاقة الكهربائية والنووية، ومحطات تحلية المياه والصرف، وهذا تطلَّبَ من الإنسان أن يغوص في باطن الأرض إلي مسافات قد تصل مئات الأمتار لبناء هذه المحطات .

ومع تطور الحياة المستمر أخذت فكرة التشييد في البحث عن كل ما يفيد الإنسان ويسعده فتم بناء مدن بأكملها للألعاب الرياضية، ومدن للوسائل الترفيهية، ومازال الإنسان –وسيظل– يفكر في عمليات تطور البناء وتسهيل سبل المعيشة حتى يرث الله الأرض ومن عليها. وللأسف الشديد فإن نسبة كبيرة جداً من مهندسي المواقع يواجهون غربة مهنية كبيرة في بداية حياتهم الوظيفية، بسبب النقص الشديد في علم إدارة مشروعات التشييد بالجامعات سواءً تخصص الهندسة المعمارية أو الهندسة المدنية .

فإذا عُلم أن أكثر من ٩٠% من المهندسين يمارسون مهنتهم من خلال إشرافهم علي تنفيذ المشروعات سواءً كمهندسي مواقع أو مشرفين أو مديري مشروعات. فإنه يتبين أهمية الإلمام بعلم إدارة مشروعات التشييد.

وهدف الكتاب في المقام الأول هو تعريف القارئ بمراحل مشروع التشييد ودور كل من المالك والمقاول في كل منها. وقد تطرق أيضا إلي تعاقدات التشييد المختلفة، وإيجابيات وسلبيات كل منها، وتقدير التكلفة. وأُفرد باب خاص لأساليب تخطيط المشروعات وأهميتها لإنجاز المشروع بالمستوى المطلوب. ومن ثم تم إفراد باب منفصل لمعدات التشييد وكيفية حساب إنتاجيتها.

وفي كل من هذه الموضوعات أضيف كثير من الأمثلة اللازمة لتسهيل مهمة القارئ في استبيان الفكرة.

لذا يعتبر هذا الكتاب مرجعًا مهمًا للمهندسين الراغبين في التعرف على الأساليب الحديثة لإدارة مشروعات التشييد. كما يساعد طلبة كليات الهندسة على فهم علم إدارة المشروعات الإنشائية مما يعطيهم فكرة جيدة تمكنهم من الدخول إلى مجال تنفيذ المشروعات دون الشعور بأى غربة وخاصة عند العمل كمهندسي مواقع أو مديري مشروعات.

والله أسأل أن يتقبل هذا العمل خالصًا لوجهه الكريم ويعم بفائدته الجميع.

المؤلف

المحتـــويات

مقدمة

إن الغرض من هذا الكتاب هو إعطاء القارئ فكرة جيدة عن تخطيط وإدارة مشروعات التشييد، تمكنه من العمل في هذا المجال و الدخول فيه ، باستخدام الأساليب والوسائل الحديثة التي ترفع من كفاءته في إدارة هذا النوع من المشروعات .

ويعتبر هذا الكتاب لبنة من لبنات الكتب العربية في هذا المجال ، و تم تأليفه بلغة مبسطة و أسلوب سهل ليناسب جميع المستويات التي ترغب في الاطلاع والاستزادة من هذا العلم سواء طلاب كليات الهندسة بقسمي المدني والعمارة أو المهندسين العاملين في مجال التشييد .

و لذلك روعي في تناول الموضوعات التدرج الموضوعي . **ففي الباب الأول:** تعريف بالمراحل التي يمر بها المشروع ، و خصائص كل منها ، ودور كل من المالك والمقاول في كل مرحلة ، ثم تناول **الباب الثاني:** الدراسة المستفيضة لعقود التشييد ، من ناحية حساب الكميات وعمل المواصفات ، ثم تقدير التكلفة ودراسة أنواع المناقصات ، تمهيدا لاختيار المقاول المناسب .

وفي هذا المجال تم إفراد جزء كبير لعرض الأنواع المختلفة من عقود التشييد وخصائص كل منها .

وفي **الباب الثالث:** عرضٌ مستفيضٌ للأساليب المختلفة، و طرق تخطيط المشروعات ، مع التعرض لسمات كل منها ، وبعض الأمثلة اللازمة لتقريب المعنى ، ومن ثم شرح مبسط لكيفية استخدام الحاسب الآلي في مجال تخطيط وإدارة المشروعات.

د. إبراهيم عبد الرشيد

وفي **الباب الرابع**: تم التعرض لمعدات التشييد المختلفة سواءً مــن ناحيــة الإنتاجية أو حساب التكلفة أو العوامل التي تُؤخذ في الاعتبار عند اختيار المُعِــدَّة المناسبة.

ومع هذه المحاولة فإن المؤلف يشكر كل من يتقدم بالتوجيه أو النقد البنـــاء لاستكمال هذا العمل.

الباب الأول

مشروع التشييد

Construction Project

١ - ١ تعريف

لا يقتصر مشروع التشييد كما يتصور كثير من النـــاس علـــى مـــشروعات المباني السكنية ، و لكن تطلق كلمة مـــشروع التـــشييد علـــى جميـــع المنـــشآت والمشروعات التي تقام على سطح الكرة الأرضية ، بل وقد تمتـــد إلـــي باطـــــن الأرض وفي أعماق البحار والمحيطات ، وحديثا إلى الفضاء الخارجي .

ومن أمثلة هذه المـــشروعات جميـــع المبانـــــي بأنواعهـــا (الـــسكنية ــ الإدارية ــ الصـــناعية ــ الخدمية ... وهكـــــذا) والتـــشييدات الثقيلـــة بأنواعهـــا (الطرق- المطارات ــ الموانئ ــ الأنفـــاق ــ خطـــوط الأنابيـــب ــ الـــسدود ــ الكباري ــ محطات القوى...... وهكذا) و بهذا المفهـــوم لمـــشروع التـــشييد يزيـــد إدراك القارئ لأهمية هذا العلم الذي يخدم البشرية منذ عمارة الإنسان للأرض .

ولم يزل الإنسان منذ زمن بعيـــد يطور أساليب التشييد بغـــرض الحـــصول على أفضل النتائج بأقل جهد و أقل تكلفة. و مع التطور الحـــضاري الـــسريع زاد حجم مشرعات التشييد، وتشعبت استخداماته حتى أضحت المشروعات أكثر تعقيدا وتفرعت عناصرها بحيث زادت الحاجة إلى تطوير وتحـــديث أســـاليب إدارتهـــا والتحكم فيها .

ومما يجب التنبيه إليه في هذا المجال طبيعة مشروعات التشييد من ناحيـــة صفة الخصوصية وذلك بمعنى أن لكل مشروع من مشروعات التشييد الـــصفات الخاصة به ، والتي تميزه عن أي مشروع آخر ، فحتى إذا تشابهت المـــشروعات من ناحية طبيعة تكوينها والغرض منها فإن مجرد تغير المكان أو زمن التنفيذ كاف جدا لأن يجعل المشروع مختلفاً تماما عن المشاريع الأخـــرى ممـــا يعطـــى لكـــل مشروع صفة الوحدوية أو الخصوصية .

هذا ولقد قامت اجتهادات كثيرة لتقسيم مشروعات التشييد إلى عدة أنواع ، كل منها تجمعها صفة معينة فعلى سبيل المثال لا الحصر يمكن تقسيم المشروعات من حيث أنوعهـــا إلى الأقسام التالية:

أ ــ مشروعات مباني سكنية :

وتشمل المباني من دور واحد و المباني متعددة الأدوار بأنواعها والتي تستخدم في أغراض السكن .

ب ــ مشروعات مباني غير سكنية :

وتشمل المباني الإدارية والمباني التعليمية والمبـــاني التجاريـــة والمبـــاني الخدمية و ما شابهها.

جــ ــ مشروعات صناعية :

وتشمل المصانع بأنواعها ومحطات تنقيـــة البتـــرول ومحطـــات القـــوى بأنواعها.. وما شابهها.

د ــ مشروعات التشييد الثقيل :

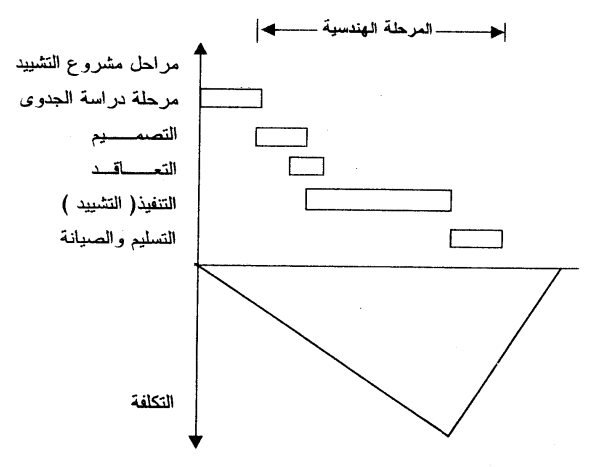
وتشمل مشروعات الطرق و المطارات والترع و المصارف والكباري ومحطات القوى ومحطات التحلية ومشروعات المياه والصرف والسدود وغيرها من المشروعات القومية.

١ ـــ ٢ مراحل مشروع التشييد Stages of construction project

يمر مشروع التشييد بثلاث مراحل رئيسة و بخاصة المشروعات الكبيرة ، أو ما يطلق عليه المشروعات القومية وهذه المراحل الثلاث هي :

مرحلة دراسة الجدوى والمرحلة الهندسية والتي تشمل التصميم والتنفيذ والتسليم ثم مرحلة التشغيل والصيانة .

و يمكن تناول هذه المراحل بشيء من التفصيل فيما يلي ، وذلك بالاستعانة بشكل (١-١) لتوضيح تأثير كل مرحلة علي زمن المشروع وكذلك تأثير كل من هذه المراحل على اقتصاديات المشروع .



شكل (١-١) مراحل التشييد وتأثير كل مرحلة علي الزمن والتكلفة

١-٢-١ مرحلة دراسة الجدوى Briefing Stage

والغرض منها التأكد من أن المشروع سوف يحقق الغرض من إنشائه، سواء من الناحية الاقتصادية أو من الناحية الخدمية أو غيرها من النواحي الأخرى و يتم فى هذه المرحلة من المشروع تحديد حجم المشروع ، و اختيار مكانه و كذلك الاحتياجات الرئيسة اللازمة للمشروع مثل:

- التقدير المبدئي لتكلفة المشروع ، والزمن اللازم للتنفيذ.
- مدى توافر المواد الخام والعمالة والمعدات اللازمة لتنفيذ المشروع وتشغيله فى المنطقة.
- مدى تأثُر المشروع و تأثيره في البيئة المحيطة.
- تصور مبدئي حول حجم المشروع و زمن التنفيذ و الاحتياجات المادية اللازمة.
- عمل منحنى التدفق المالي (Cash flow Curve) لمرحلة التنفيذ.
- دراسة العائد المادي بعد عمل تصور للعمر الافتراضي للمشروع.

و بعد دراسة هذه النقاط دراسة تفصيلية يمكن لفريق دراسة الجدوى كتابة تقرير إلى المالك، لإيضاح جدوى هذا المشروع من عدمه ، مع وضع البدائل المختلفة في حالة وجودها ، حتى يتمكن المالك من أخذ القرار المناسب ، سواء الموافقة على البدء في إجراءات تنفيذ المشروع، أو استبداله ، أو التعديل فيه ، ومن ثم تدبير الموارد المادية اللازمة ، والبدء في إجراءات الحصول على الموافقات القانونية اللازمة وأعمال التصميمات .

١-٢-٢ المرحلة الهندسية Engineering Stage

بمجرد أخذ القرار بصلاحية المشروع ، وبعد دراسة الجدوى والتأكد من جدوى تنفيذه تبدأ هذه المرحلة، وتسمى بالمرحلة الهندسية ، حيث تتكون من ثلاثة عناصر رئيسة ، وهى التصميم ، والتعاقد ، والتنفيذ ، ويكون الدور الرئيسي فيها للمهندس

و يمكن تناول هذه العناصر بشيء من التفصيل فيما يلي :

١ـ٢ـ٢ـ١ مرحلة التصميم Design Stage

و تشمل هذه المرحلة عمل التصميمات المعمارية والإنشائية والتنفيذية والتفصيلية ، وتحديد المواصفات العامة والخاصة بالمواد والمعدات والعمالة اللازمة للمشروع ، ذلك بالإضافة إلي جداول الكميات ، والتي يتم تجهيزها تمهيدا لإجراءات المناقصة.

ومن النقاط المهمة التي يجب التنبه إليها في هذه المرحلة :

– عدم الفصل بينها و بين مرحلة التنفيذ، بمعنى أن يكون المصمم سواء المعماري أو الإنشائي على دراية كبيرة بأسلوب التنفيذ الذي سيتبع لتحويل التصميمات التي يقوم بعملها إلى واقع، حيث إن كثيرا من مشاكل التشييد تكون ناتجة من عدم وجود خبرة كافية لدى مهندسي التصميم عن أساليب التنفيذ المتبعة ، بمعنى أن يفاجأ المهندس المنفذ ببعض العناصر التي يصعب تنفيذها بالشكل الذي يقترحه المهندس المصمم أو أن يكون تنفيذها باهظ التكاليف ، فيضطر إلى عمل بعض التغييرات التي تؤثر جوهريا على المنشأ سواء من الناحية المعمارية أو الناحية الإنشائية، و في أحسن الأحوال يقوم بالاتصال بالمهندس المصمم للبحث عن بديل ، و هذا يتسبب في كثير من التأخير في برنامج التنفيذ.

لذلك فان إلمام مهندسي التصميم سواء المعماريين أو الإنشائيين بأساليب التنفيذ المختلفة يجعل التصميمات في نطاق القابلية للتنفيذ ، بأقل تكلفة وجهد مناسب ومظهر جيد مما يجنب صناعة التشييد كثيرا من مشاكل التنفيذ التي يتعرض لها المشروع .

– وبالإضافة إلى ذلك فإن الإدارة الجيدة للمشروع هي التي تحرص على ألا تنقطع العلاقة بين المهندس المصمم والمهندس المنفذ طوال مرحلة التنفيذ ، حيث

يتبادلان المعلومات اللازمة التي تعبر عن ظروف التنفيذ وظروف الموقع وبالتـــالي يتعاونان على حل أي مشكلات قد تنجم أثناء التنفيذ.

و يلاحظ مما سبق التداخل الدائم بين مرحلة التصميم و مرحلـــة التنفيـذ و بخاصة في حالة المشروعات الكبيرة والمعقدة .

– ومن واجبات المهندس المصمم أيضاً تجهيز ما يســمى بورقـة العمــل (method statement) وهي التي تحدد أسلوب التنفيذ المقترح مــن قبــل المصمــم والتي تم بناء عليها عمل التصميمات ، وبالتالي حساب الكميات ، وتقديـــر التكلفــة المبدئية للبنود المختلفة ، وللمشروع ككل ، وعمل الجدول الزمني للتنفيذ .

– ونظرا لطبيعة مشروعات التشييد من ناحية تعرضها لكثير مـــن عوامــل التغيير و كثير من مفاجآت العمل فإن بعضها يكون متوقعا حدوثه و كثيرا منها قــد يحدث فجأة، لذلك يجب فى هذه المرحلة عمل دراسة للمخاطر التي قد يتعرض لــها المشروع وهو ما يطلق عليه (Risk analysis) و بخاصة في حالـــة المشـــروعات الكبيرة ، والتي تحتوى على بنود ذات صفات خاصة أو المشـــروعات التـــي يتــم تنفيذها في ظروف صعبة ، مثل مشروعات الأنفاق، أو أعمال التشييد التـــي تتــم تحت سطح الأرض بمسافات كبيرة ، مثل محطـــات القـــوى و بيـــارات المجـــارى وأعمال الكباري و المواني و المطارات .. وغيرها .

– فهذه الأنواع من المشـــروعات لابد في مرحلـــة التصميـــم مـــن عمـــل دراسات للمخاطر التي قد يتعرض لها المشـــروع من قبـــل الخـــبراء والمهندســـين والمتخصصين، ووضع الحلول المقترحة لكل منها ، حتى إذا ما حدثت يكـــون مـــن السهل التعامل معها ، ولا تكون مفاجئة بالدرجة التي تربك سير العمل . فقد يمكـــن تجنب بعضها تماما بقليل من الاحتياطات ، والبعض الآخر الذي لا يمكـــن تجنبـــه يمكن تحجيم أثره، و إلا فيجب تحـــديد على من تقع المسئولية الكلية أو الجزئيـــة إذا ما حدث هذا النوع من المخاطر .

و يتم دراسة المخاطر خلال المراحل التالية:

١ـ تحديد أنواع المخاطر المحتملة (Risk Identification)

٢ـ دراسة تحليلية لهذه المخاطر (Risk Analysis)

٣ـ الأسلوب الأمثل للتعامل مع هذه المخاطر في حالة حدوثها (Risk Management)

٤ـ تحديد المسئولية و توابعها تجاه هذه المخاطـــر (Risk Allocation)

ودراسة المخاطر في مشروعات التشييد لها مجال كبير ليس محلهـــا هـذا الكتاب ، ومن أراد التوسع في ذلك فليرجع إلـى الكتـب المتخصصـة فـي هـذا المجـال. ومع التقدم السريع في استخدامات الحاسبات الآلية في معظـم مجـالات الحياة ، ومنها مجال صناعة التشييد أصبحت دراسة المخاطـر في هـذا المجـال أكثر إمكانية ودقة، حيث إنـها تعتمد أساسا علي نظرية الاحتمالات والتي تسـاعد علي التنبؤ بكثير من المخاطـر و تحديد توابعها ، وما يترتب على حدوثـها مـن زيادة في التكلفة أو الوقـت ، أو مدى تأثيرها علـى الجـودة ، وبالتـالي إعطـاء فرصة لصاحب القـرار لعمل اللازم من إجراءات ، لتجنب هـذه المخـاطر ، أو على الأقل تحجيم أثرها . هذا بالإضافة إلي أن ربط مواقع التنفيـذ بـالإدارة مـن خلال شبكات الحاسب الآلي تساعد على سرعة تداول المعلومات وبالتالي سـرعة أخذ القرارات المناسبة في الوقت المناسب.

١-٢-٢-٢ مرحلة التعاقد Contract Stage

و تبدأ هذه المرحلة بعد أو أثناء الجزء الأخير من مرحلة التصميم ، حيـث تكون الرسومات المعمارية والإنشائية ومعظم مخططات المشروع قد تـم الانتـهاء منها ، تمهيدا لحساب الكميات وتجهيز المستندات اللازمة لعمل المناقصة ، واختيـار المقاول المناسب. ويمكن تلخيص أهم نقاط هذه المرحلة فيما يلي :

- تجهيز مستندات المناقصة (Bedding Document)
- اختيار المقاول (Contractor selection)
- توقيع العقد (The Agreement)

أولا : تجهيز مستندات المناقصة (Bedding Document)

وهى المستندات الواجب إعطاؤها للمقاولين لدراسة المشروع ، ومـــن ثـم تقديم العطاءات للمالك ، تمهيدا لاختيار أنسب مـــن يقــوم بتنفيــذ المشــروع مــن المقاولين.

وتشمل هذه المستندات ما يلي :

١- خطاب من المالك: يفيد دعوة مَنْ يرغب مِنْ المقاولين في دراسة المشـــروع ودخول المناقصة (Invitation to Bid). وهو عبارة عن دعـــوة مـــن المـــالك، يوضح بها اسم المشروع ، وطبيعته ، ومكانه ، وموعد تسليم العطاء ومكـــان التسليم والمتطلبات الرئيسة الواجب أن يتضمنـــها العطـــاء، وأي اشـــتراطات أخري بخصوص الضمانات والتأمينات وغرامات التأخير.

٢- شكل المناقصة (Bid Form) : وهو عبارة عن شكل للخطاب الذي يعاد إلـــي المالك من المقاول ، يفيد موافقته علي دخول المناقصة بالشروط المذكورة فـــي البند السابق ، وأنه قد قام بفحص كل ما جاء فيه ووافق عليـــه نظـــير مقـــابل مادي يتم النص عليه في هذا الخطاب.

٣- شكل العقد (Construction Contract): وهو الشكل النهائي والرسمي للعقد بيـــن المالك والمقاول ويشمل ما يلي:

- اسم كل منهم وبياناته كاملة.
- أسماء الشهود علي العقد وغالبا ما يكون الشاهد ملما بالنواحي القانونية.
- اسم المشروع مع فكرة عن محتوياته الرئيسية.
- زمن التنفيذ.
- التكلفة الكلية للمشروع.
- أسلوب التعامل المادي بين المالك والمقاول.
- محتويات العقد من رسومات واشتراطات وخطابات ضمـــان وتأمينـــات وغرامات تأخير وخلافه.

٤- الاشتراطات العامة (General Conditions): وهى عبارة عن البنـــود العامـــة التي توضح حقوق وواجبات كل من المالك والمقاول ، والمنصوص عليها فـــي المواصفات العامة لأعمال التشييد مثل: خواص ومواصفات واشتراطات المواد المستخدمة ، والعمالة ، والمعدات ، والموافقات الحكومية ، والأمن والســـلامة ، واشتراطات إحداث أي تغيرات مستقبلية في بنود المشروع وهكذا.

٥- الاشتراطات الخاصة (Special Conditions): وهي الاشـــتراطات الخاصـــة بالمشروع ، والتي قد تختلف عن الاشتراطات العامة أو الغير مذكورة فيـــها ، مع ملاحظة مهمة وهي أنه عند وجود أي خلاف بين الاشـــتراطات العامـــة والخاصة تكون الأولوية للاشتراطات الخاصة.

٦- قائمة بالبنود والأعمال وتشمل الكميات (Work Included in Contract).

٧- المواصفات والاشتراطات الخاصة بكل بند ، وتشمل الأسلوب المقترح للتنفيذ .

٨- الرسومات المعمارية والإنشائية والتنفيذية للمشروع (Drawings).

٩- البرنامج الزمني المقترح لتنفيذ المشروع (Construction Schedule).

ثانيا: اختيار المقاول (Contractor Selection)

وعادة يتم اختيار المقاول عن طريـــق المناقصـــة (Bidding) أو الإســـناد المباشر (Forced Tendering) ومن أهم أنواع المناقصات :

- المناقصات المفتوحة (Open Tendering).
- المناقصات المحدودة (Selective Tendering).
- المناقصات المتعددة (Series Tendering).

سيأتي شرح مفصل لهذه الأنواع الثلاثة في الباب الثاني من هذا الكتاب .

وبعد قيام المالك ومن يعاونه بدراسة العطاءات المقدمة من المقاولين ، وتقييمها التقييم المناسب من ناحية التكلفة وإمكانيات المقاول ، ومدي التزامه وخبراته السابقة ، يتم اختيار المقاول المناسب لتنفيذ المشروع.

وفي بعض الحالات يتم اختيار أكثر من مقاول (اثنين أو ثلاثة) وتجرى بينهم ما يسمى بالممارسة وهي محاولة الحصول على مميزات أكثر من ناحية التكلفة ، أو الضمانات ، أو الالتزام بجودة معينة ، من خلال تنافس هذا العدد من المقاولين.

و يلاحظ أنه في حالة المناقصات المحدودة فإن المالك أو من ينوب عنه هو الذي قام باختيار ودعوة المقاولين المتنافسين ، وبالتالي فقد سبق تقييمهم ، مما يسهل عملية الممارسة.

و تعتبر سابقة الخبرة التي يقدمها المقاول أو ما يطلق عليه سابقة الأعمال ــ وهي بمثابة شهادات الخبرة للأعمال التي قام المقاول بتنفيذها في المواعيد المحددة والجودة المرجوة والتكلفة المتفق عليها ــ من أهم العوامل التي ينبني عليها المالك قراره عند اختيار المقاول.

بالإضافة إلي ذلك فإن المالك يجب أن ينظر بعين الاعتبار إلي الضمانات التي يقدمها المقاول في صورة خطاب ضمان من أحد البنوك أو شركات التأمين ، والتي تتكفل بتحمل أي تقصير من قبل المقاول مما يغطى جزءاً كبيرا من المخاطر التي قد يتعرض لها المالك ، في حالة عدم وفاء المقاول ببعض التزاماته المتعاقد عليها.

وعند اختيار المقاول يقوم المالك بإرسال إفادة للمقاول في صورة خطاب ، يعلمه بوقوع الاختيار عليه لتنفيذ المشروع ، مع تحديد موعد للتوقيع علي العقد في صورته النهائية ، تمهيدا لبدء مرحلة التنفيذ.

ثالثا : توقيع العقد (The Agreement)

وهو الجزء الأخير من هذه المرحلة ، ويعنى الاتفاق النهائي الموثق بين كل من المالك والمقاول ، والذي يُعتد به من الناحية القانونية ، بما يفيد موافقة كلا الطرفين علي كل بنود العقد. وتشمل هذه الموافقة ذكر الأعمال الواجب قيام المقاول بتنفيذها ، نظير مبالغ مالية تُدفع له من قبل المالك، وبأسلوب محدد ، وفي أزمنة متفق عليها ، وترتبط عادةً بإنهاء الأعمال. كما تشتمل هذه الموافقة علي عدة بنود، تحدد الاشتراطات الرئيسة ، من ناحية زمن التنفيذ ، وغرامات التأخير ، وأسلوب التعامل المادي بين الطرفين، ومستندات العقد.

وهناك مجموعة من العقود القياسية الدولية (Stander Contracts) المعترف بها عالميا في صناعة المقاولات ، كما أن هناك بعض المشروعات التي تُصمَّم لها عقود خاصة بها ، لتناسب ظروف المشروع.

و سواء تم استخدام العقد القياسي أو العقد الخاص ، فهناك بعض النقاط التي يجب ملاحظتها عند التعاقد ، وهى :

١ – يجب تجنب وجود أي تعارض بين بنود العقد، وأن تتوافق جميع البنود مع قوانين البلد المزمع إقامة المشروع بها.

٢ – أن تكون جميع البنود مصاغة بأسلوب واضح لا يحتمل أكثر من تفسير وبلغة بسيطة وسهلة الفهم ، وبخاصة البنود التي تحدد المخاطر التي قد يتعرض لها المشروع ونسبة تحمل كل من المالك والمقاول منها.

٣ – يجب النص صراحة في العقد علي كيفية التعامل في حالة رغبة المالك إحداث أي تغييرات في بعض الأعمال ، سواء بالزيادة أو النقص ، وعن مدى هذه التغييرات وكيفية التعامل معها من ناحية الزمن والتكلفة.

٤ – يجب النص صراحة علي نظام غرامات التأخير وكيفية التعامل معها.

٥ – يجب إفراد بنود خاصة توضح حقوق وواجبات كل طرف ، مع تجنب استخدام العبارات الفضفاضة التي قد تفسر بأكثر من معنى.

٦ – العناية ببنود المطالبات (Claims) والتي يلتزم بها كل طرف في حالة تقصيره في أي من واجباته.

١–٢–٢–٣ مرحلة التشييد (التنفيذ) Construction Stage

و تعتبر هذه المرحلة من أهم مراحل المشروع ، حيث إنها تستغرق معظم الزمن ، كما أنها تستهلك الجزء الأكبر من التكلفة (حوالي ٨٥% من التكلفة الكلية للمشروع).

والمقصود بهذه المرحلة هو تحويل ما تم تصميمه في مرحلة التصميم من رسومات معمارية أو إنشائية أو تفصيلية إلى واقع ، في إطار المواصفات والاشتراطات التي تم الاتفاق عليها في العقد وذلك باستخدام الموارد اللازمة من مواد وعمالة ومعدات وأموال .

وقد سبق التنبيه إلى أهمية الربط بين هذه المرحلة ومرحلة التصميم حيث إن الاتصال الدائم بين المصمم والمنفذ يساعد على حل كثير من نقاط اختلاف وجهات النظر بينهما.

وتبدأ هذه المرحلة بمجرد اختيار المقاول الرئيس ، وتوقيع العقد بينه وبين المالك أو مَن ينوب عنهم ، ومن ثم تسلم أرض المشروع للمقاول .

وعادة يقوم المكتب الفني للمقاول بمراجعة البرنامج الزمني للتنفيذ مراجعة نهائية تمهيدا لبدء التنفيذ وكذلك مراجعة خطة العمل ، وتحديد الموارد اللازمة ، وتخطيط الموقع ، وخطة إمداده بالمعدات والمواد والعمالة اللازمة ، وإزالة أي مخلفات بالموقع ، وعمل التجهيزات المؤقتة اللازمة لهذه المرحلة .

وعلى المالك أو من ينوب عنه تحديد الاحتياجات المالية للمشروع خلال فترة التنفيذ ، وذلك بالاستعانة بمنحنى التدفق المالي للمشروع (Cash Flow Curve)، وكذلك الاستعانة بالبرنامج الزمني ، ومن ثم عمل التدابير اللازمة لتوفير مصادر التمويل حتى لا يتعرض المشروع لأي مشاكل مادية أثناء مرحلة التنفيذ ،

والتي كثيرا ما تتعرض لـــها مشـــاريع التشـــييد بســـبب التـــأخير فـــي صـــرف المستخلصات .

ومن النقاط المهمة في هذه الفترة من مرحلة التنفيـذ : التـأكد مـن الـتزام موردي المواد (Material Suppliers) بمواعيـد التوريـد والتـي يجـب ربطـها بالبرنامج الزمني للتنفيذ وذلك حتى لا يتسبب تأخير أعمال التوريد في تأخير العمـل في بعض البنود وبخاصة البنود (الأنشطة) الحرجة، وكذلك يجب تجنـــب أعمـــال التوريد قبل الاحتياج الفعلي لها حيث يؤدى ذلك إلى إرباك الموقع وإحـــداث كثـير من مشاكل إعاقة الحركة في الموقع، هذا بالإضافة إلى زيادة الفاقد الناتج عن زيـادة مرات نقل المواد (Handling) .

و من الأمور المهمة في بداية هذه المرحلة أيضا الاهتمام بـالتخطيط الجيـد للموقع مع مراعاة النقاط التالية:

١ – مراعاة سهولة حركة المعدات من وإلي داخل الموقع ، وكذلك تنقلـــها داخـل الموقع ، وينصح في هذا المجال أن تكون الحركة داخل الموقـــع ذات اتجـــاه واحد (One way Traffic) بالإضافة إلي تحديد مدخل ومخرج للموقع منفصلين وذلك لتجنب حدوث أي اختناق في حركة المعدات داخل الموقع .

٢ – يراعي عند تحديد أماكن المعدات الرئيسة الثابتة أن تكون في أمـــاكن مناســبة بحيث يمكن الاستفادة منها بأقصى طاقة ، مع عدم حدوث أي عرقلة للأعمـــال الأخرى أو لنفس المعدة . ومن أمثلة هذه المعدات: الأوناش الثابتــة (Tower Cranes) والتي تحتاج إلي تجهيز قواعد من الخرسانة القوية الثابتة ، فيجـب تحديد أماكن هذه الأوناش بحيث تغطي خدماتها معظـــم الموقـع مـع عـدم تعارضها مع أي من المنشآت المجاورة، كذلك يراعي عنـــد تحديـد أمــاكن محطات خلط الخرسانة أن تكون في أماكن مناسبة (منتصف الموقع ما أمكـن) وذلك لتقليل مسافات نقل الخرسانة من المحطة إلي جميع أجزاء المشروع .

٣ – أماكن التخزين يجب أن تكون في أحد جوانب الموقع بحيث يراعي فيها سهولة دخول وخروج الشاحنات المحملة بالمواد ، وكذلك إحكام ملاحظة المخازن لتجنب الفاقد سواء الناتج عن الإهمال المتعمد أو غير المتعمد هذا بالإضافة إلي توفير التهوية الجيدة وبخاصة عند وجود مواد كيميائية، وتجنب تعرض المواد للرطوبة مثل: الأسمنت، وحديد التسليح، وبعض مواد التشطيب التي تتأثر بالرطوبة . كما يراعي أيضا في أماكن التخزين أن تكون قريبة من مدخل الموقع حتى يسهل مراقبة وسرعة استلام المواد ودخول وخروج الشاحنات .

٤ ــ عند تحديد أماكن المعيشة الخاصة بالعاملين في المشروع يجب مراعاة جودة التهوية والإضاءة مع تجنب عمل فتحات التهوية في اتجاه الأتربة والمواد المتطايرة من المشروع .

٥ ــ عند اختيار أماكن مكاتب المهندسين يجب أن تكون بعيدة عن أماكن الضوضاء والمخلفات مع توفير كافة الخدمات اللازمة للتركيز الذهني.

٦ ــ عند اختيار مكاتب مراقبي المشروع يجب أن تكون قريبة من مدخل الموقع مع توافر الرؤية من جميع الاتجاهات .

٧ ــ عند اختيار مكاتب مراقبي الجودة ومتابعة التوريدات يجب أن تكون في أماكن قريبة من مدخل الشاحنات مع وضع نقطة مراقبة فرعية عند المخرج.

و بالإضافة إلي ما سبق من بعض التوجيهات الواجب مراعاتها عند تخطيط الموقع فهناك عدة توصيات يجب أن تؤخذ في الاعتبار أيضا قبل البدء في أعمال التنفيذ ، ومنها ما يلي:

١ – زيارة الموقع قبل البدء في مرحلة التنفيذ من قبل مدير المشروع ومهندس التخطيط مع كتابة تقرير عن وضع الموقع وظروفه ، وأخذ بعض الصور الفوتوغرافية للموقع .

٢ – التأكد من توافر مصادر للطاقة اللازمة لمرحلة التنفيذ (الماء ــ الكهرباء ــ التليفون ــ الغاز ــ الوقود ... وهكذا) .

٣ – مراجعة جداول الكميات والتأكد من صحة الحسابات ، وبخاصة بالنسبة للبنود الرئيسة وذلك لتحديد الموارد اللازمة لكل بند .

٤ – الاتصال بمدير المعدات ، وإمداده بالخطة العامة والبرنامج الزمني للتنفيذ مع المخطط العام للموقع للاتفاق علي أماكن وتاريخ تواجد المعدات المختلفة بالموقع .

٥ – الحصول علي ملخص بأنواع المعدات ، وعدد كل منها ، ومواعيد تواجدها بالموقع ، وذلك من المكتب الفني أو القائمين علي دراسة المشروع وتقدير التكلفة .

٦ – عقد اجتماع عام يشمل: مدير المشروع، والمهندس المصمم، ومدير الموقع، والمقاول الرئيس، ومقاولي الباطن ، لتحديد دور كل منهم من خلال الجدول الزمني، وتبادل الأفكار والإجابة عن أي استفسارات ، وإمداد كل منهم بالمعلومات اللازمة والشروط الواجب إتباعها قبل بدء العمل .

٧ – تجهيز ملخصات عن الموردين وخطابات لكل منهم لتحديد: الكميات اللازمة، وزمن التوريد، وأسلوب الاستلام والمراجعة، والشروط الجزائية عند عدم الالتزام.

٨ – التأكد من استكمال جميع المتطلبات القانونية والموافقات الحكومية علي بدء التنفيذ .

٩ – الحصول علي الموافقات اللازمة لعمل سياج حول الموقع ، والإعلانات اللازمة ، واستخدام الطرق المحيطة بالموقع ، والموافقات علي إمداد الموقع بالخدمات اللازمة مثل: الماء، الكهرباء، الصرف .. إلخ .

١٠ – تحديد عناصر المشروع وبنوده ، وربط كل منها بالآخر كبرنامج عمل ابتدائي.

١١ – تجهيز ورقة عمل منفصلة لكل بند من بنود المشروع (Method Statement) بحيث تحتوي علي ما يلي :

أ ـ أنواع المعدات المستخدمة .

ب ـ أسلوب التنفيذ .

جـ ـ أحجام أطقم العمل وعدد هذه الأطقم .

١٢– تحديد عدد العمال اللازمين لكل بند ونوعية كل منهم ، وذلك بالاستعانة بجداول الكميات وأسلوب التنفيذ .

١٣– مراجعة تطابق لوحات الأساسات والمحاور مع خريطة الموقع العام ، لتحديد أماكن وأبعاد الحفر بدقة ، وذلك لمعرفة شكل الموقع أثناء عمليات التنفيذ .

١٤– إمداد الموردين بالرسومات والتفصيلات اللازمة لما يجب توريده ، مع تحديد تواريخ التوريد .

١٥– استخراج برامج تفصيلية من البرنامج العام ، وذلك لإمداد مقاولي الباطن بها، ويفضل أن تكون في صورة مبسطة يسهل فهمها مثل (BAR CHART).

١٦– عمل ضبط للموارد وتسويتها (Resource leveling and Smoothing) وذلك لرفع الكفاءة وتحسين الإنتاجية .

١٧– إمداد الأقسام المختلفة في الشركة بصورة من البرنامج ، لتحديد دور كل منهم وتاريخه، مثل: قسم المعدات، وقسم المشتريات .

١٨- اطلاع جميع القائمين أو المشاركين في المشروع علي مواعيـد الاجتماعـات الدورية لتبادل المعلومات والإجابة عن الاستفسارات وحل أي مشاكل قبـل تفاقمها وغالبا ما تشمل هذه الاجتماعات كلا من :

- مدير المشروع.
- مدير الموقع.
- الفنيين المشرفين علي أطقم العمل (Foremen).
- مهندس المقاول.
- مدير المعدات.
- مقاولي الباطن.
- مسئول الأمن بالمشروع.

وفي هذا الاجتماع يتم تحديد الأسلوب المناسـب لتبـادل المعلومـات بيـن الإدارة والعاملين بالموقع مثل: التقارير الدوريـة، والتليفـون، والفـاكس، والصور الفوتوغرافية، والكمبيوتر، وشرائط الفيديو .. وغيرها .

و كذلك الاتفاق علي أسلوب التعاملات المادية غير المنصوص عليـها فـي العقد .

١ ــ٢ ــ ٣ مرحلة التسليم **Commissioning Stage**

وتعتبر هذه المرحلة آخر مراحل تشييد المشروع ، تمهيدا للتشغيل والاسـتفادة منه ، وتنقسم إلي جزأين :

١- التسليم الابتدائي للمشروع :

ويعني الاستلام الأولي لكافة الأعمال حسب ما جاء بعقد المشروع ، ويطلـق عليه التسليم الابتدائي حيث إن المشروع يبقي تحت ضمان المقاول لمدة معينة يتفـق

عليها ، وتسمي فترة الضمان والصيانة ، وتكون غالبا في حدود عـــام أو عـــامين طبقا لما ينص عليه العقد ، وبعدها يـسلم المشروع تسليما نهائيا .

و يتم التسليم الابتدائي للمشروع من خلال عدة خطوات يمكن إجمالها فيمـا يلي:

١ – يقوم المقاول بإخطار الجهة المالكة بخطاب رسمي يفيد أنه قد أنـــهى جميـــع الأعمال علي الوجه المطلوب ، وطبقا لمستندات العقد ، وأنه جـــاهز لتســـليم المشروع تسليما ابتدائيا .

٢ – تقوم الجهة المالكة بتحديد لجنة الاستلام الابتدائي ، ويجب أن تشـــمل هـــذه اللجنة أعضاء من كافة التخصصات المناســـبة لنـــوع المشـــروع ، وهـــذا بالإضافة إلي الجهاز الميداني المشرف علي التنفيذ .

٣ – تقوم هذه اللجنة بالاطلاع علي وثائق العقد ومستنداته المختلفة ، والتي تشمل:

- الشروط والمواصفات وجداول الكميات.
- أي أوامر للتغيير.
- محاضر الاجتماعات وتقارير الاختبارات المختلفة.
- المدد الإضافية إن وجدت وأسبابها.
- أي ملاحظات جري إبداؤها أثناء التنفيذ.

وتعطي اللجنة وقتا كافيا لدراسة هذه الوثائق واستيعابها قبل الاســتلام ، قـــد يصل إلي عدة أشهر في بعض المشروعات الكبيرة.

٤ – تقوم اللجنة في الموعد المحدد بالمرور علي المشـــروع ، يرافقـــها المقـــاول الرئيس أو من ينوب عنه ومقاولو الباطن أو من ينوب عنهم ، ومنـــدوب عـــن المكتب الاستشاري ، وذلك لمعاينـــة الأعمـــال علـــي الطبيعـــة ، وإجـــراء الاختبارات الضرورية والتجارب المعملية اللازمة لعملية الاستلام.

٥ – تقوم اللجنة بالتحقق من الأبعاد والمناسيب ، والتأكد من أن كـــل جــزء فـــي المشروع يؤدي وظيفته بطريقة جيدة ، طبقا للمواصفات ، وقد تشـــير اللجنـــة علي المقاول أثناء أعمال الاســـتلام بتصحيح بعض العيـــوب البســـيطة ، أو إجراء التحسينات أو التعديلات التي ترى اللجنة ضرورتها.

٦ – تقوم اللجنـــة بعد ذلك بتعبئة نموذج الاستلام الابتدائي للمشـــروع ، وتوقيـــع جميع الأعضاء عليه ، مع مراعاة الملاحظات التالية:

أ ـــ إذا كان للجنة الاستلام الابتدائي أو لأحد أعضائها رأي مخالف لما جـــاء بتقارير المتابعة والتفتيش والتقارير الفنية الدوريـــة فيجـــب ذكـــر ذلـــك صراحة في المحضر ، ويترك الأمر للجهة المالكة لدراســـة الموضـــوع والبت فيه.

ب – قد تجد اللجنة أن هناك بعض الأعمال التي تم تنفيذها باســـتخدام مـــواد غير المواد المبينة في شروط المواصفات ، أو أن أعمال التنفيـــذ غـــير مطابقة للأصول الفنية ، فإذا كانت هذه المخالفات بسيطة ومقبولة فنيا ولا تؤدي إلي ضرر أو خلل بالمشروع فيمكن قبولها ، وإلا فيجب رفضـــها وخصم تكلفة صيانتها أو تغييرها من مستحقات المقاول.

٢ـــ التسليم النهائي للمشروع

و هذا يعني الاستلام النهائي للأعمال كافـــة بعـــد مضـــي فـــترة الضمـــان والصيانة، ويعتبر المقاول قد أدى بذلك كل واجباتـــه ، ويخلـــي طرفـــه مـــن كـــل المسئوليات ، فيما عدا مسئولية ضمان سلامة المنشـــأ مـــن التصـــدع أو التهـــدم الجزئي أو الكلى ، والتي قد تمتد إلي عشر سنوات ما لم يتم الاتفـــاق علـــي غـــير ذلك.

و يمكن إجمال خطوات الاستلام النهائي فيما يلي:

١ – يقوم المقاول بإخطار الجهة المالكة بخطاب رسمي يفيد أنـــه جـــاهز لتســـليم المشروع نهائيا، وأن فترة الضمان قد انتهت .

٢ – تقوم الجهة المالكة بتشكيل لجنة للاستلام النهائي كما سبق في حالة الاستلام الابتدائي.

٣ – يقوم أعضاء اللجنة بالاطلاع ودراسة وثائق المشروع ومحضر الاستلام الابتدائي وما ورد فيه من ملاحظات.

٤ – تقوم اللجنة بالمرور علي المشروع بكامل أجزائه ، ومعاينة كافة الأعمال علي الطبيعة ، وإجراء الاختبارات الضرورية والتجارب المعملية اللازمة لعملية الاستلام واختبارات الأداء الوظيفي ، وقد يوجد بعض الملاحظات البسيطة التي يقوم المقاول بتداركها في حينه.

٥ – تقوم اللجنة بتعبئة نموذج الاستلام النهائي ، مع التوصية باستلام المشروع استلاما نهائيا ، إذا كانت جميع الأعمال المنفذة مطابقة للمخططات والشروط والمواصفات والأصول الفنية ولم يظهر أي عيوب أو نواقص أو مخالفات فنية ، أو أن هناك بعض العيوب البسيطة التي يمكن للمقاول القيام بإصلاحها أثناء وقوف اللجنة علي المشروع، أو أن هذه العيوب ناتجة عن سوء الاستخدام وليس للمقاول مسئولية فيها.

أما إذا كان هناك بعض العيوب أو النواقص أو المخالفات التي ظهرت في المشروع خلال فترة الضمان وليست ناتجة عن سوء الاستعمال ، فإن اللجنة توصي باعتبار هذا المحضر محضرا للمعاينة ، وعلي المقاول إشعار الجهة المالكة خطيا بموعد الانتهاء من عمل الملاحظات المدونة بالمحضر حتى تقف اللجنة علي المشروع من جديد ، لإجراء الاستلام النهائي ، مع مراعاة الملاحظات التالية:

١ – يفضل أن يكون معظم أعضاء لجنة الاستلام النهائي ممن شارك في لجنة الاستلام الابتدائي لسابق معرفتهم بالمشروع ، مما يسهل المهمة.

٢ – يجب أن يتم الاستلام النهائي في موعده ، حتى لا يتسبب أي تأخير في وقوع أضرار بالمقاول ، نتيجة تحمله كثيرا من تكاليف الصيانة ، التي قد تحدث بعد فترة الضمان.

٣ – يجب الفصل تماما بين العيوب والمخالفات التي كانت بسبب سوء الاستعمال أو سوء التشغيل والذي لا علاقة للمقاول به ، وبين تلك التي نشأت من سوء التنفيذ ، حتى لا يتحمل المقاول أي تكاليف لا ذنب له فيها.

١–٣ دور كل من المالك والمقاول في مراحل مشروع التشييد

يلاحظ أن المقاول ليس له دور في المرحلة الأولي من مشروع التشييد وهى مرحلة دراسة الجدوى ، حيث يقوم المالك باختيار مجموعة عمل ذات خبرات في نوع المشروع تحت الدراسة ، بمعنى ضرورة الاستعانة بالأطباء في حالة دراسة جدوى إنشاء المستشفيات ، وبرجال التعليم في حالة إنشاء المعاهد العلمية ، ومشاركة المهندسين في حالة المنشآت الصناعية ...وهكذا، ويقوم هذا الفريق بعمل خطة بحثية لدراسة الجدوى وعرض النتائج التي يتم التوصل إليها علي المالك ، وذلك من جميع النواحي ، وبخاصة الناحية الاقتصادية وبناء علي ذلك يتم أخذ القرار من صاحب المشروع ، سواء بالموافقة أو الرفض وفي حالة الموافقة علي تنفيذ المشروع تبدأ المرحلة الهندسية ، والتي يشارك فيها المقاول جزئيا في بدايتها (نهاية مرحلة التصميم) ثم يشارك مشاركة كاملة في مرحلة التعاقد والتنفيذ وذلك تحت إشراف المالك أو من ينوب عنه ، سواء في صورة مكتب هندسي أو استشاري، وتكون هذه الجهة هي حلقة الوصل بين المالك والمقاول.

ودور المكتب الهندسي أو الاستشاري يتوقف إلي حد كبير علي نوع العقد وأسلوب الإشراف والمتابعة ، وعادة تكون صرف المستحقات بعد موافقة الجهة المشرفة ، وذلك بعد مراجعة البنود المنفذة ومدى مطابقتها للمواصفات.

وأما دور المقاول في هذه المرحلة فيمكن حصره في توفير المواد والمعدات والعمالة واستخدامها الاستخدام الأمثل ، والعمل علي إنشاء المشروع طبقا للرسومات والتصميمات والمواصفات المتفق عليها.

و يجب التنبيه هنا علي أن نسبة مشاركة المقاول المادية تعتمد علي نوع العقد وعلي أسلوب التعامل المادي بين المالك والمقاول.

وأما في المرحلة النهائية من مراحل مشروع التشييد – وهى مرحلة التسليم والتشغيل – فإن دور المقاول في هذه المرحلة ينحصر في التسليم الابتدائي ، والمسئولية عن أي أعطال أو مشكلات تظهر في فترة الضمان ، ثم التسليم النهائي، وبالتالي يتسلم المقاول باقي مستحقاته ، وينتهي دوره ، إلا إذا حدث في المشروع انهيارات أو تصدعات خطيرة.

١ـ٤ معنى إدارة مشروعات التشييد

كما سبق فإن مشروعات التشييد ذات طبيعة خاصة من ناحية حجم المشروع وطبيعته وارتفاع التكلفة والتي قد تصل إلي مليارات الجنيهات ، وزمن التنفيذ والذي قد يمتد إلي عشرات السنين في بعض المشروعات القومية.

مما سبق يتضح أهمية الإدارة في مشروعات التشييد ، والتي تعني التحكم في العوامل المؤثرة في التكلفة والزمن والجودة ، وذلك بغرض الانتهاء من تشييد المشروع بأقل تكلفة وفي أفضل زمن وبأعلى جودة.

ويلاحظ الارتباط الوثيق بين التكلفة والزمن والجودة ، بمعنى أن تحسين الجودة قد يتطلب بعض الزيادة في زمن التنفيذ أو تغيير بعض المواد أو المعدات أو اختيار عمالة أفضل ، وبالتالي أكثر تكلفة ، وبنفس الأسلوب تتأثر التكلفة بزمن التنفيذ ، حيث إن هناك عنصرا أو أكثر من عناصر التكلفة مرتبط بالزمن وهو ما يطلق عليه (Time Related Cost).

وبصفة عامة فإن المقصود بإدارة مشروعات التشييد هــو الحصــول علــي أفضل جودة وأقل تكلفة وفي أحسن وقت ، وهذه المعادلة هي التي تحدد الفرق بيــن إدارة جيدة للمشروع وأخري سيئة . فالإدارة الناجحة للمشروع هي التــي تحقــق المتطلبات السابقة أو معظمها في جميع الأعمال الموكلة إليها، ومما لا شك فيــه أن الوسائل الحديثة من أســاليب التخطيط والمتابعة وبرامــج جدولــة المشــروعات وتوزيع الموارد ومراقبة المصروفات باستخدام الحاسبات الآلية ساعد كثيرا في هـذا المجال.

الباب الثانى

عقـــود التشـــييد

Construction Contracts

٢-١ مقدمة

إن مشروعات التشييد بجميع أنواعها يتم تنفيذها بواسطة المتخصصين في هذه الصناعة ، وهم من يطلق عليهم مقاولي التشييد.

ولكي يقوم المقاول بتنفيذ المشروع طبقا لمواصفات ومخططات ورسومات محددة فإن المالك يقوم بعقد اتفاق مع المقاول ، وهو ما يطلق عليه عقد التشييد، يقوم بموجبه المالك بدفع مبالغ مالية محددة في العقد إلي المقاول، نظير قيام المقاول بتنفيذ المشروع ،وتسليمه إلي المالك في صورته المتفق عليها.

وفي العادة يقوم المالك بالإعلان عن دعوة عدد من المقاولين لتقديم عطاءاتهم ، لتنفيذ المشروع المعلن عنه مع تحديد التكلفة المطلوبة ،ومن ثم يقوم المالك ومعاونيه باختيار المقاول المناسب بناءً علي عدة عوامل مثل: الخبرة، والتكلفة المطلوبة ، والإمكانيات ، وسابقة الأعمال، ومدي التزام المقاول.

وهذا الأسلوب هو السائد في صناعة المقاولات علي المستويات المحلية والدولية ، ولذلك نجد أن معظم دول العالم قد قامت بعمل مواصفات قياسية كمرجع رئيس لجميع الأطراف المشاركة في أعمال التشييد: المالك، المقاول، المهندس .

وهذه المواصفات تحتوي علي جميع الشروط والمواصفات الواجب توافرها في المواد المستخدمة في صناعة التشييد، كما تحتوي علي أسس الصناعة وأساليب القياس والمقادير القياسية التي تعتبر أساساً للحكم علي صلاحية العمل، ويطلق عليها المواصفات العامة أو المواصفات القياسية.

وذلك لا يمنع من وجود مواصفات خاصة بكل مشروع ، قد تكون في شكل متطلب خاص بالمشروع ، يختلف عما ذكر بالمواصفات العامة ، أو لم يأت ذكره أصلا فيها ويجب التنبيه هنا علي أن المواصفات الخاصة لها أولوية في الاتباع عند تعارضها مع المواصفات العامة.

وهناك عدة أنواع من عقود التشييد بحيث يناسب كـــل عقــد منـــها بعــض المشاريع، وبعضها يُفضّـــل استخدامه في ظروف تناسبه ، وسوف يتم مناقشة ذلـك باستفاضة في الجزء الثاني من هذا الباب بمشيئة الله تعالي.

ومما يجب الإشارة إليه في هذا الصدد تحديد الأهداف الرئيســـة لكـــل مـــن المالك والمقاول في هذه المرحلة (مرحلة التعاقد) .

فمن الأهداف الرئيسة للمالك أثناء التعاقد ما يلي:

١ – سرعة إنجاز المشروع.
٢ – المشاركة في إدارة المشروع.
٣ – الوصول إلي أقل تكلفة.
٤ – الحصول علي أحسن جودة.
٥ – تجنب تحمل المخاطر في حالة حدوثها.
٦ – الاحتفاظ بأحقية عمل أي تغييرات في التصميمات أثناء أعمال التنفيذ.
٧ – تقليل حجم الاستثمار بقدر المستطاع .

الأهداف الرئيسة للمقاول أثناء التعاقد:

١ – الحصول علي أعلي ربح.
٢ – تجنب تحمل أي مخاطر في حالة حدوثها.
٣ – الاتفاق علي زمن تنفيذ مناسب.
٤ – تقليل حجم استثماراته في المشروع.
٥ – تجنب الشروط الجزائية مثل غرامات التأخير.

ويلاحظ مما سبق تعارض كثير من أهداف كل من المالك والمقاول، ومحاولة كل طرف جعل العقد يحقق أكبر عدد من الأهداف المفيدة له، وبالطبع علي حســـاب الطرف الآخر.و لكن من وجهة نظر المهتمين بصناعـــة التشـــييد مـــن مهندســـين واستشاريين وهيئات ونقابات هندسية يجب المحافظة علي شكل عقد التشييد بحيـــث يحقق أعلي درجة من العدل بين كل من المالك والمقاول، وبالتالي حصول كل منـــهم

علي حقوقه، مما يؤدي إلي جـــودة الصناعـــة، ورفـــع مســـتوي الأداء، وإنـــهاء المشروعات بطريقة مرضية لكلا الطرفين. ولذلك فهناك كثير من الهيئات الدوليـــة المتخصصة في مجال صناعة التشييد، والتي تسعي جاهدة لتحقيق ذلك الهدف، مـــن خلال تطوير عقود التشييد علي المستوي الدولي، مع الاستعانة بآراء المتخصصيـــن وأصحاب الخبرات والباحثين المهتمين بذلك.

و من مقدمات تجهيز مستندات عقود التشـــييد حســـاب الكميـــات، وتجـــهيز المواصفات، وأســـلوب التنفيذ المقترح، وهناك مراجع خاصة بكـــل منـــها، ولكـــن لاكتمال هذا الباب سوف نعرض لكل منها باختصار فيما يلي:

٢-٢ مستندات عقد التشييد Construction Contract documents

٢-٢-١ المواصفات Specifications

المقصود بالمواصفات فـــي صناعـــة التشـــييد: مجموعـــة الاشـــتراطات والتوصيات التي يتم كتابتها وتوثيقها للرجوع إليها عند أعمال التنفيذ والتســـلم.

وحيث إن الرسومات المعمارية والإنشائية تبين الأبعاد والأشـــكال المطلـــوب تنفيذها، فإن المواصفات تقوم بتوضيح الاشتراطات الواجب توافرها عن كيفية تنفيـــذ هذه الرسومات في الطبيعة، من ناحية خصائص المواد المستخدمة، وكفاءة العمالـــة بجميع فئاتها، ومستوي المعدات، ومقاولي الباطن.

وتعتبر المواصفات أحد مستندات العقد الرئيسة ويعبر عنها كاشتراطات عامة في صورة المواصفات العامة، أو كاشتراطات خاصة في صورة مواصفات خاصـــة بالمشروع.

ونظرا إلي أن مواصفات المشـــروع مـــن مســـئوليات المـــهندس المصمـــم (المعماري والإنشائي) فإن ذلك يتطلب إلماما واسعا واطلاعا كبيرا، وقـــدرة علـــى كتابة المواصفات بطريقة واضحة ودقيقة وسهلة الفهم. وهذا يحتم علي من يقوم بهذه المهمة أن يكون علي صلة دائمة وعلي دراية بكل ما هو جديد في عالم مواد التشييد

وأن يكون مطلعا علي صفات وخصائص هذه المواد وما بها من مميزات وعيـــوب وكذلك أسعارها. أما بخصوص معدات التشـــييد فإن من يقوم بعمـــل المواصفـــات يجب أن يكون ملما بأنواع المعدات، وإنتاجيتها، وخصائصـــها، وتكلفـــة التشـــغيل، والصيانة، ومدي توافر قطع الغيار، ومميزات وعيوب استخدام هذه المعـــدات فـــي ظروف وطبيعة المشروعات المختلفة.

ومما سبق يتضح مدي صعوبة كتابة المواصفات وما تتطلبه من معلومـــات ولاسيما مع تشعب وكثرة أنواع مواد التشييد والتطور السريع فـــي المعـــدات ممـــا يستلزم اطلاعا مستمرا ومتابعة لكل ما هو جديد من مواد وعمالـــة ومعـــدات، مـــع ملاحظة أن استخدام الحاســـب الآلي في هذا المجال يساعد كثيرا علـــي الاحتفـــاظ بهذه المعلومات وسهولة تطويرها واسترجاعها عند الحاجة.

أولا : الاشتراطات العامة

وهى الاشتراطات العامة التي سبق التنبيه عليها حيث تحتوي علي ما يلي:

١ – تعريف عام بالمشروع ومن هو المالك ومن المقاول والمصمم.

٢ – محتويات العقد ومستنداته.

٣ – حقوق ومسئوليات المالك.

٤ – حقوق ومسئوليات المقاول.

٥ – حقوق ومسئوليات المصمم.

٦ – الزمن المقدر لتنفيذ المشروع.

٧ – أسلوب التعامل المادي بين المالك والمقاول.

٨ – الشروط المرتبطة بأي تغييرات في بنود المشروع.

٩ – التأمينات والضمانات اللازمة.

١٠ – الأسلوب الواجب اتباعه لفض أي منازعات.

و لقد قام كثير من الهيئات العالمية المهتمة بمجال صناعة التشييد بوضع اشتراطات عامة، بغرض تدويلها والاستفادة منها عند كتابة عقود التشييد، وبخاصة في المشروعات الدولية.

ومن أمثلة الهيئات العالمية التي قامت بجهد كبير في هذا المجال الهيئة الأمريكية للهندسة المعمارية، وجمعية الهندسة المدنية الأمريكية، والجمعية البريطانية للهندسة المدنية، وغيرها .

ثانيا : الاشتراطات الخاصة

وهى الاشتراطات التكميلية التي تضاف إلي الاشتراطات العامة، وذلك لتحقيق بعض متطلبات المشروع ، والتي لم تتحقق بالاشتراطات العامة، أو يكون المراد منها تعديل بعض بنود الاشتراطات العامة، لتناسب ظروف المشروع تحت الدراسة.

ومن أمثلة الاشتراطات الخاصة ما يلي :

١ – مسئولية المالك عن توفير بعض الموارد الخاصة، مثل: استيراد بعض المعدات أو المواد غير المتوافرة محليا ، وتوفير بعض الخدمات الخاصة مثل: الأعمال المساحية أو أعمال اختبار التربة أو الخدمات العامة (تليفونات – فاكس – كهرباء – مياه).
٢ – اشتراطات خاصة باستبدال بعض مواد التشييد المذكورة في الاشتراطات العامة (مثل شرط استبدال الأسمنت البورتلاندي بأسمنت مقاوم للكبريتات).
٣ – تغيير نظام التأمينات المنصوص عليه في الاشتراطات العامة.
٤ – بعض المتطلبات الخاصة الواجب علي المقاول القيام بها قبل صرف المستخلصات.
٥ – اشتراطات خاصة بإعطاء المالك بعض الحرية في إحداث تغييرات في بنود المشروع دون زيادة في الأسعار.

٦ – اشتراطات عدم انشغال المقاول بأعمال أخري أثناء فترة تنفيذ المشـــروع، أو وضع حدود لذلك.

٧ – غرامات التأخير وكيفية تحمل المخاطر كل حسب نوعه.

وبصفة عامة يمكن تقسيم المواصفات إلي الأنواع التالية:

أ- مواصفات التقنية المستخدمة في تنفيذ المشروع

(Technical Specifications)

وهى المواصفات التي تحدد أسلوب التنفيذ، والتقنيات الواجب استخدامها فـي ذلك، وعادة يتم وضع تصور كامل لتنفيذ البنود المختلفة حسب المواصفات التـي يضعها المهندس المصمم ، وفي إطار الاشتراطات العامة، مثـل: أعمـال الحفـر، الخرسانات، أعمال العزل، أعمال الكهرباء .. وهكذا.

و في كل بند من البنود السابقة يتم توصيف المـواد الواجـب اسـتخدامها، ومستوي العمالة المطلوبة للتنفيذ، وجودة المعدات، وتحديد أسلوب المتابعة، والتـأكد من التزام المقاول بما جاء في هذه المواصفات من خلال الاختبارات الدورية مثـل: الاختبارات غير المتلفة، والفحص المستمر علي ما يتم تنفيذه.

ب- مواصفات الأداء (Performance Specifications)

و المقصود بذلك المواصفات الواجب أن يكون عليها البنـد بعـد إنجـازه، بمعني أن يكون في صورة مرضية، ويؤدى الغرض منه بكفاءة.

و في الغالب يكون المقاول مسئولا عن إنجاز العمـل بـالصورة المطلوبـة والمنصوص عليها في المواصفات، وبحيث تخضع جميـع الأعمـال للاختبـارات اللازمة للتأكد من ذلك، وقد يترك للمقاول اختيار أسلوب التنفيذ والتقنية المناسـبة، علي أن يضمن تحقيق جميع الاشتراطات والمواصفات وتحمل أي أعمـال تخـالف ذلك عند التسلم واختبار الأعمال المنفذة، وهذا يعطي مرونة للمقـاول في اسـتخدام ما يراه مناسبا من تقنيات وأساليب تنفيذ من واقع خبرته في العمل بهذا المجال.

جـ- مواصفات المواد والعمالة

(Material & Workmanship Specifications)

وهى المواصفات التي تحدد أنواع وصفات المواد المستخدمة، سواء الصفات الطبيعية أو الميكانيكية للمادة، بالإضافة إلي اشتراطات النقل والتـداول والتخزيـن والتركيب.

أما بخصوص العمالة فتوضع لها بعض الاشتراطات، من ناحيـة مسـتوي الخبرة المطلوب، ومستوي الأداء، وبخاصة الأعمال التي تحتاج إلي دقة عالية فـي الأداء مثل: أعمال اللحام، وبعض أعمال التركيبات الميكانيكية، ومن حق المـالك أو من يمثله في هذه الحالة إجراء الاختبارات اللازمة للتأكد مـن توافـر المـهارات المطلوبة لدي المرشحين للقيام بهذه الأعمال ، من لم تثبت جدارته فيتـم اسـتبداله بمعرفة المقاول وتحت مسئوليته.

د- المواصفات المحددة (Closed Specifications)

و المقصود بهذه المواصفات تحديد نوع معيـن مـن المـواد أو العمالـة والمعدات، وذكر ذلك في الاشتراطات والمواصفات، مع عـدم السـماح باسـتبداله ببديل مناسب. ويمكن في هذه الحالة ذكر اسم المادة أو المواصفات الخاصـة بـها، والتي لا تتوافر إلا في هذا النوع ، وكثيرا ما تستخدم هذه المواصفات في أعمـال القطاع الخاص ، بينما لا يفضل استخدامه في أعمال الحكومة والقطاع العام حتـى لا يكون أحد وسائل المحاباة أو العمل علي تسويق أنـواع معينـة مـن المـواد أو المعدات دون إيجاد المنافسة اللازمة بين الموردين.

هـ المواصفات المفتوحة (open specifications)

وهي المواصفات العامة التي يجب توافرها في المـواد المسـتخدمة، دون التقيد بنوع معين ، بحيث يعطى للمقاول حرية التعامل مـع أي مـن الموردين ، بشرط توافر هذه المواصفات فيما يتم استخدامه من المواد.

وفي بعض الحالات قد يضطر المهندس إلى تحديد نوع معين من المواد لتحقيق جودة خاصة، مع إعطاء المقاول فرصة لتغيير ما تم تحديده من مواد في إطار الصفات المذكورة، وذلك لرفع درجة المنافسة بين الموردين وبالتالي تقليل الأسعار. وفي حالة وجود أي خلافات بين المالك والمقاول يتم اللجوء إلي الاستشاري لإبداء الرأي الفاصل.

و- المواصفات القياسية (Standard Specifications)

وهى المواصفات التي توضع من قبل الهيئات المتخصصة والمسئولة عن تنفيذ بعض المشروعات الخاصة، مثل هيئة الطرق والكباري، حيث تقوم بوضع المواصفات القياسية لتنفيذ بنود تشييد أعمال الطرق والكباري، وقد توضع هذه المواصفات من قبل النقابات المهنية.

٢-٢ -٢ حساب الكميات (Quantity surveys (take off

والمقصود بحساب الكميات هو حساب كميات المواد والأعمال اللازم تنفيذها في شكل بنود لازمة لاستكمال المشروع ، وذلك تمهيدا لوضع خطة وأسلوب تنفيذ هذه البنود، وبالتالي حساب تكلفة كل بند لكل من المواد والعمالة والمعدات، ومن ثم تحديد التكلفة المباشرة للبند، وبإضافة التكلفة الغير المباشرة يتم تحديد التكلفة الكلية للبنود، وبقسمة هذه التكلفة علي كمية العمل يتم الحصول علي تكلفة الوحدة، وبمجموع التكلفة الكلية للبنود نحصل علي التكلفة الكلية للمشروع، وكل ذلك يعتبر أساسا لعمل المناقصة وإجراء التعاقد.

مع أن جداول الكميات تعد أحد مستندات العقد، ويتم تجهيزها بواسطة المهندس المصمم ، وترفق مع مستندات العطاء إلا أن هذه الكميات التي يتم حسابها من قبل المصمم لا تعتبر ملزمة، بل تعتبر حسابات تقديرية، وعلي المقاول أن يقوم بمراجعة هذه الكميات والتأكد من دقتها، حيث إن التعاقد سوف يتم بناء عليها وكذلك دفع المستخلصات.

وبالإضافة لما سبق فإن هذه الكميات تفيد في تحديد زمن التنفيذ لكـــل بنـــد، وذلك بقسمة حجم العمل علي الإنتاجية ، والتي تعتمد بدورها علي حجـــم المـــوارد (العمالة–معدات) التي يتم تخصيصها لكل بند، ويستفاد أيضـــا مـــن حســـاب هـــذه الكميات في حالة المناقصات التنافسية (negotiated contracts) حيث تعطى للمـــالك فكرة جيدة عن التكلفة المتوقعة لكل بند، وبالتالي فكرة عن التكلفة الكلية للمشـــروع. وعادة يتم استخدام جداول خاصة لحساب الكميات، مما ييســـر هـــذه الحســـابات، ويساعد كثيرا في دقة الحسابات وعدم إغفال أي جزء، وهذه الجداول تكـــون فـــي صورة أعمدة تمثل الأبعـــاد الثلاثة، وبعضها يمثل وحدة القيـــاس ونســـبة الفـــاقد المتوقع في المواد مثل (فاقد نقل الطوب والأسمنت وتجهيز حديد التسليح).

تقوم شركات المقاولات الكبيرة بتخصيص أطقم عمل لحساب الكميات، وهذه الأطقم تتكون من مجموعة من الأفراد كل منهم يتخصص فـــي حســـاب نـــوع أو مجموعة أنواع من الأعمال مثل: أعمال الكهرباء، أعمال الحفر، أعمـــال المبـــاني، أعمال الصحي.. وهكذا، ومع أن هذا النظام يتميز بالدقة في الحسابات إلا أنـــه قـــد يؤدى في بعض الأحيان إلي تكرار حساب بعض الأعمال ، ويمكن تجنب ذلـــك أو تقليل حدوثه بحسن التعاون وجودة التنسيق بين فريق العمل الـــذي يقـــوم بحســـاب الكميات.

ويقوم كل مقاول في العادة بالتأكد من دقة حساب كميات المواد التي ســـيقوم بتنفيذها ، فيقوم المقاول الرئيسي بالتأكد من كميات البنود التي سيقوم هو بتنفيذهـــا بنفسه ويقوم كل مقاول فرعي بالتأكد من كميات البنود التي سيقوم بالتعـــاقد علـــي تنفيذها.

وفي بعض البلاد المتقدمة في مجال إدارة مشروعات التشـــييد فـــإن هنـــاك مكاتب استشارية متخصصة فـــي حســـاب الكميـــات وتقديـــر التكلفـــة ومراقبـــة المصروفات، وقد يتم التعامل مع هذه المكـــاتب بواســـطة المـــالك أو المقـــاول أو كليهما، وفي جميع الحالات فإن هذه المكاتب تكون مسئولة عن دقة الحسابات أمـــام

كل من المالك والمقاول.ومن الواضح أن هذه المكاتب لديها خبراء ومتخصصـــــــون في حساب الكميات وتقدير التكلفة للأنواع المختلفة من مشروعات التشـــــييد، ممـــا يوفر للمالك والمقاول المعلومات اللازمة عن الكميات والأسعار بدقة عاليـــة يمكــن الاعتماد عليها في التعاقد والتوريد وحساب المستخلصات، وتفرغ كل منهم لما هــو أهم.

٢-٣ تقدير التكلفة في مشروعات التشييد

Cost estimating in the construction projects

إن المقصود بتقدير التكلفة في مشروعات التشييد هو محاولة معرفة التكلفـــة التقديرية للمشروع أو للبنود المختلفة أو لكليهما، تمهيدا للتعاقد وقبــــل البـــدء فـــي أعمال التنفيذ، وذلك بناء علي التصميمات التي تم تجهيزها، وكذلـــك بنـــاء علـــي متطلبات المالك ومتطلبات المشروع. وحيث إن هـــذه العمليـــة برمتـــها – تقديـــر التكلفة– تعتمد تماما علي التخمين أو الفروض التي تختلف دقتها، وتعتمـــــد علـــي عوامل كثيرة: طبيعة المشروع، الشخص المقدر وخبرتـــه، زمـــن التنفيـــذ، تقنيـــة وأسلوب التنفيذ، دقة البيانات المتوفرة ... وهكذا، فإنه من النادر أن تتطـــــابق هـــذه التكلفة التقديرية مع التكلفة الحقيقية التي ينتهي بها المشروع ، ولكن كلما كان هـــذا الفرق أقل ما يمكن كلما دل ذلك علي دقة تقدير التكلفة ودرجة مهارة مـــن يقـــوم بتقدير التكلفة (وبصفة عامة فإن تقدير التكلفة يعتبر ممتازا إذا كان هذا الفرق فـــي حدود ١٠%).

فعادة يقوم مسئول تقدير التكلفة بعد حساب الكميات وتحديد أســـلوب التنفيـــذ باختيار أطقم العمالة والمعدات المناسبة لتنفيذ هذه الكميات في الزمن المحدد، وذلـــك تبعا لإنتاجية أطقم العمل (زمن التنفيذ= حجم العمل ÷ الإنتاجية) وبعد تحديد أطقـــم العمالة والمعدات لكل بند يمكن حساب تكلفة كل من هذه الموارد (عمالـــة، مـــواد، معدات) ومجموع هذه التكلفة لكل بند يعطي التكلفة المباشرة للبند، ومجموع التكلفـــة المباشرة للبنود يمكن من الحصول علي التكلفة المباشرة للمشروع ككـــل (project direct cost) وهي التكلفة التي يمكن توصيفها إلي بند معين، ثـــم يقـــوم المســـئول

بتقدير التكلفة الغير المباشرة للمشروع (project indirect cost) وهي التكلفة التـــي لها صفة العمومية، والتي لا تضاف إلي بند معيـــن مثـــل: تكلفـــة الإدارة العليـــا (head office overhead) وتكلفة إدارة الموقع (site overhead) وربـــح المقـــاول (profit) وتكلفة المخاطر (risk) والتأمينات (insurance) وتكلفة الضمان (bond).

وهذه التكلفة غير المباشرة تكون عادة نسبة من التكلفة المباشرة، ومجمـــوع التكلفة المباشرة مع التكلفة الغير مباشرة يعطى التكلفة الكلية للمشروع.

ومما سبق يتضح الدور الكبير الذي يلعبه من يقوم بتقدير التكلفة في شـركات المقاولات حيث إنه يعتبر العقل المدبر للشركة، ولذلك يجب أن يكون علي درايـــة وخبرة كافية ولديه المعلومات الوافية عن أطقم العمل والإنتاجيك وبرامـــج التنفيـــذ الخاصة بالبنود المختلفة، حتى يتسنى له ربط التكلفة بالبرنامج الزمني للمشـــروع ، وعمل تقدير متزن بين تحقيق ربح كبير وتقليل احتمالية كسب العطـــاء، أو تقليـــل الربح بعض الشيء وزيادة احتمالية كسب العطاء.

وإذا كان هناك تساؤل عن الهدف من تقدير التكلفة قبـــل البـــدء فـــي تنفيـــذ المشروع فإن الأهداف كثيرة ومن أهمها:

١- معاونة المالك في تدبير الموارد المالية اللازمة للمشروع كل في حينه.
٢- معاونة المالك في سهولة اختيار المقاول الجاد في مرحلة العطاءات.
٣- معاونة المالك في أخذ القرار في مرحلة دراسة الجدوى.
٤- تقدير التكلفة ضروري للمقاول لدخول العطاء.
٥- تساعد المقاول في تدبير الموارد المالية اللازمة علي مدار زمن المشروع.
٦- تساعد المقاول في تحديد نسبة الربح وأسلوب التعامل المالي مع المالك.
٧- تساعد المهندس المصمم علي اختيار أحسن البدائل للتصميم والتنفيذ.

وهناك طرق كثيرة لتقدير التكلفة في مشـــروعات التشـــييد، ولكـــن يعتمـــد الأسلوب المفضل استخدامه علي عدة عوامل منها: طبيعـــة المشـــروع، وأســـلوب التعاقد، والزمن المتاح لتقدير التكلفة، والغرض مـــن هـــذا التقديـــر، والمعلومـــات

المتوفرة لدى القائمين علي تقدير التكلفة، ولكن يمكن تلخيص أهم هذه الطرق في طريقتين رئيستين وهما: الطرق التقريبية (approximate estimates) والطرق التفصيلية (detailed estimates) ويمكن تناول كل منهما بشيء من التفصيل فيما يلي:

أولا: الطرق التقريبية لتقدير التكلفة (Approximate Estimates)

وهي الطرق التي يستخدمها المالك أو من ينوب عنه في المراحل الأولية من المشروع، مثل: مرحلة دراسة الجدوى لتقدير التكلفة التقريبية والتي يتحدد بناء عليها قرار الاستمرار في المشروع من عدمه، وكمثال آخر لاستخدام الطرق التقريبية في تقدير التكلفة في مشروعات التشييد عند دراسة ميزانيات الجهات الحكومية أو القطاع العام لتحديد إمكانية الدخول في مشاريع تشييد من عدمه. وتستخدم أيضا هذه الطرق التقريبية عند مقارنة المشاريع الاستثمارية مع بعضها البعض من حيث أفضلها استثمارا. أما بالنسبة للمصمم فقد يستخدم هذه الطرق التقريبية في المفاضلة بين أساليب التنفيذ المختلفة لبعض البنود. ومن الحالات التي يستخدم فيها أيضا هذا النوع من التقدير حالة ضيق الوقت واضطرار المقاول إلى استخدام التقريب، لسرعة دخول المناقصة، أو لإعطاء المالك الرد السريع ،وفي أي من الطرق التقريبية لتقدير التكلفة فإن القائمين علي هذا العمل لابد أن يكون لديهم الخبرة الكافية، والمعلومات التي تمكنهم من عمل بعض الافتراضات في تقدير الأسعار القريبة من الواقع أو في حدود المقبول ، وأيضا بالنسبة لإنتاجية أطقم العمل وكفاءة التشغيل في الظروف المختلفة للتشغيل مع ملاحظة أن جميع الطرق التقريبية تعد مناسبة لإعطاء فكرة للمالك عن الميزانية، أو توفير معلومات للمصمم ، للمفاضلة بين طرق التنفيذ المختلفة أو إيجاد قاعدة للمقاول لأخذ بعض القرارات المبدئية، ولكن هذه الطرق لا تصلح لأن تكون أساسا للتعاقد أو لدخول المناقصة حيث إن ذلك يتطلب تقدير التكلفة بأحد الطرق التفصيلية.

وهناك ثلاثة طرق تقريبية لتقدير التكلفة في مشروعات التشييد يمكن التعرض لها مع بعض الأمثلة فيما يلي:

أ- طريقة الوحدة (unit method)

وتعتبر هذه الطريقة من أبسط طرق تقدير التكلفة المبدئية ، حيث تعتمد على معرفة تكلفة الوحدة لمشروعات سابقة تم تنفيذها، وفي نفس الوقت تشبه إلى حد كبير المشروع تحت الدراسة، فمثلا في حالة تقدير التكلفة في مشروعات المدارس يتم الحساب بمعرفة تكلفة التلميذ الواحد من مشروعات المدارس السابقة والتي تخدم عددا معلوما من التلاميذ، وبالمثل في حالة تقدير التكلفة لمشروعات المستشفيات فيمكن الاستفادة من معرفة تكلفة السرير الواحد لمشروعات المستشفيات السابقة ، وكذلك عند تقدير تكلفة تشييد أحد جراجات السيارات متعددة الطوابق فيمكن الاستعانة بمعرفة تكلفة السيارة الواحدة من مشروعات الجراجات المشابهة، والأمثلة التالية توضح فكرة هذه الطريقة البسيطة:

مثال (١)

عند تشييد أحد مشروعات المستشفيات التي تتسع لعدد مائة سرير كانت التكلفة حوالي مليونا وربع مليون جنيه مصري والمطلوب حساب تكلفة مستشفى مشابه يتسع لعدد مائة وخمسة وعشرين سريرا.

في مثل هذه الحالات وباستخدام طريقة الوحدة يتم أولا حساب تكلفة السرير الواحد من خلال معلومات المشروع السابق والذي قد تكلف مليون جنيه وربع مليون ويتسع لعدد مائة سرير حيث تكون تكلفة السرير الواحد ١٢٥٠٠٠٠ ÷ ١٠٠ =١٢٥٠٠ جنيه للسرير الواحد.

تكلفة مشروع المستشفي الجديد والذي يتسع لعدد مائة وخمسة وعشرين سريرا =١٢٥٠٠ × ١٢٥=١٥٦٢٥٠٠ جنيه مصرى.

مثال (٢)

عند الرغبة في تقدير تكلفة تشييد أحد جراجات السيارات متعددة الطوابـــق ، والتي من المفترض أن تتسع لعدد أربعمائة وخمسين سيارة تم الاســـتعانة بمعرفـــة التكلفة التي قد بلغت ثلاثة ملايين من الجنيهات لمشروع مشابه وكان يتســـع لعـــدد خمسمائة سيارة وذلك باتباع الخطوات التالية:

تكلفة السيارة الواحدة=٣٠٠٠٠٠٠ ÷ ٥٠٠=٦٠٠٠جنيه للسيارة الواحدة.

تكلفة المشروع الجديد=٦٠٠٠×٤٥٠=٢٧٠٠٠٠٠جنيه.

يلاحظ من المثالين السابقين أن كل مشروعين في المثال الواحـــد متشـــابهين إلي حد كبير ، وإلا فيجب عمل بعض التعديلات اللازمـــة لضبـــط التكلفـــة قبـــل استخدامها لتقدير تكلفة المشروع الجديد مثل: التضخم في أسعار المواد، واختـــلاف مستوي التشطيب أو ارتفاع أسعار بعض التجهيزات كما هو موضح فـــي المثـــال التالي:

مثال (٣)

أعد حل المثال السابق علي أساس أن هناك تضخم في الأسعار بسبب الفـــرق الزمني بين تنفيذ كل من المشروعين ويقدر بحوالي ٥% .

فيصبح حساب التكلفة في هذه الحالة كما يلي:

تكلفة المشروع الجديد=٦٠٠٠×١,٠٥×٤٥٠=٢٨٣٥٠٠٠جنيه.

ب- طريقة وحدة المساحة أو الحجم (space method)

في هذه الطريقة يعتمد القائمون علي تقدير التكلفة علي المعلومـــات الســـابقة التي يمكن الاحتفاظ بها عن تكلفة المشروعات التي قد تم تشييدها فـــي المـــاضي ، ويستفاد منها في تحديد تكلفة وحدة المساحة أو وحدة الحجم من المنشأ،وذلك بقســـمة التكلفة علي عدد الأدوار ،ثم قسمة الناتج علي مساحة المبني فنحصل علـــي تكلفـــة المتر المربع ، أو قسمة التكلفة علي حجم المبني فنحصل علي تكلفة المتر المكعـب من المبني . وتستخدم هذه المعلومة في تقدير تكلفة المنشأ الجديـــد بعـــد أخـــذ أي

تغيرات في الأسعار أو في ظروف التشغيل في الحساب ، ويمكـــن إيضـــاح هـــذه الفكرة في الأمثلة التالية:

مثال (١)

المطلوب حساب تكلفة مبني سكني يتكون من خمسة أدوار والأساسات علـــي مساحة مباني ٣٠٠ متر مربع ، إذا كانت المعلومات السابقة تبين أن تكلفـــة إنشـــاء مبني مشابه لذلك المبني وعلي مساحة ٥٠٠ مـــتر مربـــع وبارتفـــاع ثلاثـــة أدوار والأساسات قد تكلف نصف مليون جنيه مصري .

أولا: طريقة وحدة المساحة :

تكلفة الـــدور الواحـــد علـــي فـــرض أن الأســـــاسات تعتـــبر بـــــدور = ٥٠٠٠٠٠ ÷ ٤=١٢٥٠٠٠ جنيه للدور الواحد.

تكلفة المتر المربع=١٢٥٠٠٠ ÷ ٥٠٠=٢٥٠ جنيها للمتر الربع.

تكلفة المبني الجديد=٢٥٠×٣٠٠×٦=٤٥٠٠٠٠ جنيه.

ثانيا: طريقة وحدة الحجم :

تكلفة المتر المكعب علي فرض أن ارتفاع الدور=٣ أمتار.

ارتفاع المبنى =٤×٣= ١٢ مترا.

حجم المبني =١٢×٥٠٠=٦٠٠٠ متر مكعب.

تكلفة المتر المكعب=٥٠٠٠٠٠ ÷ ٦٠٠٠=٨٣,٣٣٣ جنيها للمتر المكعب.

ارتفاع المبني الجديد=٦×٣= ١٨ مترا.

حجم المبني الجديد=١٨×٣٠٠=٥٤٠٠متر مكعب.

تكلفة المبني الجديد=٥٤٠٠×٨٣,٣٣٣=٤٤٩٩٩٩,٩٩ جنيها.

أي أن التكلفة حوالي ٤٥٠٠٠٠ جنيه.

وهو نفس النتيجة التي حصلنا عليها بطريقة وحدة المساحة.

مثال (٢)

عند تشييد أحد الفنادق علي قطعة أرض أبعادها ٥٠×٢٥ مترا مربعا وبارتفاع تسعة أدوار وارتفاع الدور ٣ أمتار بلغت التكلفة الكلية للفندق عشرة ملايين جنيه مصري شاملا التشطيب.بعد فترة زمنية قدرها ثلاث سنوات رغبت نفس الشركة في تقدير تكلفة فندق مشابه علي مساحة ١٢٠٠ متر مربع بنفس مواصفات الفندق الأول ولكن بارتفاع عشرة أدوار وبدراسة فارق الأسعار في الأسواق وجد أن هناك تضخم مقداره ٥% والمطلوب تقدير تكلفة الفندق الجديد مع الأخذ في الاعتبار نسبة التضخم المذكورة.

أولا: طريقة وحدة المساحة:

تكلفة الدور الواحد على اعتبار أن الأساسات تقدر بدور

= ١٠٠٠٠٠٠٠ ÷ ١٠= ١٠٠٠٠٠٠ جنيه للدور الواحد.

تكلفة المتر المربع = ١٠٠٠٠٠٠ ÷ المساحة.

=١٠٠٠٠٠٠ ÷ (٥٠×٢٥)=٨٠٠ جنيه للمتر المربع.

تكلفة الدور الواحد من المبنـــى الجديـــد = ١٢٠٠×٨٠٠= ٩٦٠٠٠٠ جنيــه للدور.

تكلفة المبنى الجديد = ٩٦٠٠٠٠×١١×١,٠٥= ١١٠٨٨٠٠٠ جنيه.

ثانيا: طريقة وحدة الحجم :

ارتفاع المبني = ١٠×٣ =٣٠ مترا .

حجم المبني = ٥٠×٢٥×٣٠=٣٧٥٠٠ متر مكعب

تكلفة المتر المكعـــب مـــن المبنـــي القديـــم = ١٠٠٠٠٠٠٠ ÷ ٣٧٥٠٠ = ٢٦٦,٦٦٦ جنيها.

ارتفاع المبني الجديد= ١١×٣ =٣٣ مترا.

حجم المبني الجديد = ١٢٠٠×٣٣ =٣٩٦٠٠ متر مكعب

تكلفة المبني الجديد = ٣٩٦٠٠×٢٦٦,٦٦٦×١,٠٥= ١١٠٨٧٩٧١ جنيها.

أي أن التكلفة تقريبا نفسها في الطريقتين .

جـ – طريقة العنصر (element method)

وهذه الطريقة تعتمد علي تقسيم المشروع إلي عدة عنـــاصر مثـــل: أعمـــال الحفر، أعمال الأساسات، أعمال الأعمدة، أعمـــال الأســـقف والكمـــرات، أعمـــال الكهرباء، أعمال المباني ، وهكذا ، ويتم تقدير تكلفة كل عنصر من هذه العنـــاصر علي حدة ، بأي من الطرق السابقة أو غيرها ، ثم تجميع تكلفة هذه العناصر يعطـــي تكلفة المشروع.

ويلاحظ مما سبق أن هذه الطرق الثلاث التقريبية تعتمد إلي حد كبير علـــي المعلومات المأخوذة من المشروعات السابقة ، والتي تم تنفيذها في أوقات مختلفـــة عن الزمن الذي ينفذ فيه المشروع تحت الدراسة ، أو في ظروف مختلفة ، ومن ثـمّ

فيجب أخذ هذه المتغيرات في الحساب ، مثل: نسبة تضخم الأسعار ، وفروق تكلفة العمالة والمعدات ، كما يلاحظ أيضا أن هذه الطرق التقريبية تعطي فقط فكرة عن التكلفة ولكن بدرجة من التقريب لا تجعلها تصلح للتعاقد، وأما في مرحلة التعاقد ومرحلة العطاءات فيجب الاعتماد علي الطرق التفصيلية الأكثر دقة والتي سيتم توضيحها لاحقا.

ثانيا : الطرق التفصيلية لتقدير التكلفة (Detailed Estimates)

والمقصود بالطرق التفصيلية لتقدير التكلفة في مشروعات التشييد هي: الطرق التي تُستخدم في تقدير تكلفة بنود المشروع ، ومن ثم التكلفة الكلية للمشروع بدقة كافية يمكن الاعتماد عليها في التعاقد بين المالك والمقاول ، ويتضح من ذلك أن من يقوم بتقدير هذه التكلفة هو المقاول ، حيث يعمل القائمون علي تقدير التكلفة بالطرق التفصيلية علي دراسة الرسومات المعمارية والإنشائية والتنفيذية ، والتي يتم الحصول عليها ضمن مستندات المناقصة ، وذلك بالإضافة إلي زيارة الموقع حتى يمكن التأكد من مدي توافر المواد والعمالة والمعدات ، ومن ثم يتم تقسيم العمل إلي عدد من البنود – الأنشطة – يعتمد علي الدقة المطلوبة ، ثم تحديد الموارد اللازمة لكل بند من مواد ومعدات وعمال ومقاول باطن ، وبالتالي يمكن حساب التكلفة المباشرة لكل بند ، طبقا لما يحتاجه من موارد ، ومدي ارتباط كل منهم بزمن البند.

مجموع التكلفة المباشرة للبنود يعطي التكلفة المباشرة للمشروع (Project Direct Cost) ثم يضاف إلي هذه التكلفة ما يطلق عليه التكلفة الغير مباشرة للمشروع (Project Indirect Cost) وهي عبارة عن تكلفة الإدارة العليا وإدارة الموقع والربح والمخاطر والضمان ، وهذا ما يطلق عليه (Mark Up).

وعادة تُؤخذ التكلفة الغير مباشرة كنسبة مئوية من التكلفة المباشرة ، وبالتالي يسهل الحصول علي التكلفة الكلية لكل بند ، وبقسمة هذه التكلفة علي

كمية العمل للبند يمكن الحصول علي تكلفة الوحدة لكل بند ، وهي المبالغ التي يتـــم الحساب علي أساسها بين المالك والمقاول.

ويمكن تلخيص خطوات تقدير التكلفة بـــالطرق التفصيليـــة فـــي الخطـــوات التالية:

١- دراسة الرسومات ، وزيارة الموقع ، وكتابة تقرير يوضح فيـــه طريقـــة الوصول إلي الموقع، ومدي توافر المواد الخام والخدمات اللازمة، تأمين الموقـــــع، طبوغرافية الموقع، هل هناك أعمال مطلوب إزالتها، وجود أي عوائق ، وهكذا .

٢-حساب الكميات مع تحديد وحدة القياس لكل بند.

٣- حساب تكلفة المواد اللازمة لكل بند.

٤- حساب تكلفة العمالة اللازمة لكل بند.

٥- حساب تكلفة المعدات اللازمة لكل بند.

٦- حساب تكلفة مقاولي الباطن.

٧- حساب تكلفة الإدارة والضرائب والضمان والتأمينات والمخاطر.

٨- تقدير نسبة الربح المطلوبة بناء علي حجم المشروع وظروف العمل.

٩- تجميع كل ما ســبق من الخطوة الثالثة حتى التاســعة يعطــي التكلفــة الكلية للمشروع .

ومن أشهر الطرق التفصيلية لتقدير التكلفة في مشــروعات التشــييد والتــي تستخدم في معظم المشروعات هي : طريقة تكلفة الوحــدة المنتجــة (Unit Rate Method)، والطريقة العملية (Operational Estimating) .

ويمكن تناول هذه الطرق بشيء من التفصيل فيما يلي:

طريقة تكلفة الوحدة المنتجة (Unit Rate Method)

وتعتمد هذه الطريقة علي الكميات المدرجـــة في جداول الكميـــات والبنـــود والتي يستلمها المقاول ، تمهيدا لدخول المناقصة ، فبعد مراجعة البنود والتأكد مـــن

صحة الكميات الموجودة في الجداول يبدأ المسئول عن تقدير التكلفة ومعاونيه في تحديد الأسلوب الأمثل المقترح لتنفيذ كل بند ، وهذا يستلزم الاستعانة بمديري التنفيذ وأصحاب الخبرات في هذا الشأن ، ومن ثم تحديد أطقم العمل اللازمة لإنجاز كل بند ، بما في ذلك كميات المواد الخام، وأعداد وأنواع العمالة ، وأعداد وأنواع المعدات اللازمة ، ومقاولي الباطن ، ومن ثم تحديد إنتاجيات هذه الأطقم كحجم أعمال يتم إنجازه في وحدة الزمن ، مثل: تجهيز وتركيب وتدعيم عدد معين من الأمتار المكعبة من خشب الشدات في الساعة ، أو خلط وصب وتسوية عدد معين من الأمتار المكعبة من الخرسانة في الساعة ، أو حفر عدد معين من الأمتار المكعبة في الساعة ، أو تثبيت عدد معين من الأمتار المربعة من السيراميك في الساعة ، أو وضع وتثبيت عدد معين من الأمتار الطولية من المواسير... وهكذا.

وقد يعبر عن الإنتاجية بطريقة عكسية ، بمعني ذكر الزمن اللازم لإنجاز وحدة الحجوم أو الوحدة المسطحة أو الوحدة الطولية من الأعمال ، مثل: عدد الساعات اللازمة لحفر متر مكعب في تربة صخرية ، أو عدد الساعات اللازمة لصب متر مكعب من الخرسانة ، أو عدد الساعات اللازمة لتثبيت متر مسطح من البلاط أو الطوب.

وأي من الطريقتين يتم استخدامه فيمكن الحصول علي المعدل العام للإنتاجية ، وبضرب هذا المعدل في تكلفة وحدة الزمن نحصل علي تكلفة وحدة الزمن من العمالة وكذلك من المعدات، بالإضافة إلي تكلفة المواد ، وبتجميع هذه التكليفات يمكن الحصول علي التكلفة المباشرة لإنتاج وحدة واحدة من البند ، وبضرب هذه التكلفة في كمية البند يتم الحصول علي التكلفة المباشرة للبند ، ثم يضاف إليها التكلفة الغير مباشرة وهي تشمل: تكلفة الإدارة العامة، تكلفة إدارة الموقع، الضمان، المخاطر، الربح، الضرائب.

ويمكن إجمال خطوات حساب التكلفة فيما يلي:

١ – تقسيم المشروع إلي عدد من البنود أو الأنشطة يعتمد علي الدقة المطلوبة.

٢ – يتم تحديد علاقة كل بند بالبنود الأخرى.

٣ – اختيار أسلوب التنفيذ.

٤ – تحديد الموارد اللازمة لكل بند (مواد، عمالة، معدات).

٥ – حساب الزمن اللازم لكل بند =حجم العمل ÷ الإنتاجية.

٦ – عمل برنامج زمني للمشروع.

٧ – حساب التكلفة المباشرة لكل بند.

٨ – حساب التكلفة الغير مباشرة للمشروع ولكل بند.

٩ – حساب التكلفة الكلية للمشروع ولكل بند.

١٠ – حساب تكلفة الوحدة لكل بند = التكلفة الكلية للبند ÷ حجم العمل.

وهناك أشكال كثيرة جدا من النماذج المجدولة التي تُستخدم لهذا الغرض ولكن يمكن الاستعانة بالنموذج التالي كأحد هذه النماذج وأبسطها في حساب تكلفة الوحدة.

رقم البند	اسم البند	وحدة القياس	الكمية	التكلفة المباشرة				التكلفة الكلية للبند	تكلفة الوحدة
				عمالة	مواد	معدات	مقاول باطن		

أمثلة

مثال (١)

المشروع التالي يتكون من سبعة بنود - أنشطة – ومبين نظير كل منـــــهم حجم العمل والتكلفة المباشرة من العمالة والمواد والمعـــدات ومقـــاولي البـــاطن ، والمطلوب استكمال الجدول حتى الحصول علي التكلفة الكلية للبند – وثمن البنـــد – والتكلفة الكلية للوحدة – وثمن الوحدة – وذلك إذا كانت التكلفة الغير مباشرة تقـــدر بحوالي ٢٠% من التكلفة المباشرة.

رقم البند	اسم البند	وحدة القياس	الكمية	التكلفة المباشرة			
				العمالة	المواد	المعدات	مقاول الباطن
١	حفر تربة عادية	متر مكعب	٣٠٠	١٥٠٠	–	٣٥٠٠	–
٢	خرسانة عادية	متر مكعب	١٠٠	١٠٠٠	٨٠٠٠	١٠٠٠	–
٣	خرسانة مسلحة	متر مكعب	٣٠٠	٦٠٠٠	٢٢٠٠٠	٨٠٠٠	–
٤	أعمال مباني	متر مربع	٢٠٠٠	٣٠٠٠	٢٦٠٠٠	٤٠٠٠	–
٥	أعمال بياض	متر مربع	٣٠٠٠	–	–	–	١٢٠٠٠
٦	دهانات	متر مربع	٢٥٠٠	–	–	–	١٨٠٠٠
٧	ردم	متر مكعب	٣٠٠	٤٠٠٠	–	٢٠٠٠	–

الحـــــــل

رقم البند	اسم البند	وحدة القياس	الكمية	التكلفة المباشرة				التكلفة المباشرة للبند	ثمن البند	ثمن الوحدة
				العمالة	المواد	المعدات	مقاول الباطن			
١	حفر تربة عادية	متر مكعب	٣٠٠	١٥٠٠	–	٣٥٠٠	–	٥٠٠٠	٦٠٠٠	٢٠
٢	خرسانة عادية	متر مكعب	١٠٠	١٠٠٠	٨٠٠٠	١٠٠٠	–	١٠٠٠٠	١٢٠٠٠	١٢٠
٣	خرسانة مسلحة	متر مكعب	٣٠٠	٦٠٠٠	٢٢٠٠٠	٨٠٠٠	–	٣٦٠٠٠	٤٣٢٠٠	١٤٤
٤	أعمال مباني	متر مربع	٢٠٠٠	٣٠٠٠	٢٦٠٠٠	٤٠٠٠	–	٣٣٠٠٠	٣٩٦٠٠	١٩,٨
٥	أعمال بياض	متر مربع	٣٠٠٠	–	–	–	١٢٠٠٠	١٢٠٠٠	١٤٤٠٠	٤,٨
٦	دهانات	متر مربع	٢٥٠٠	–	–	–	١٨٠٠٠	١٨٠٠٠	٢١٦٠٠	٨,٦٤
٧	ردم	متر مكعب	٣٠٠	٤٠٠٠	–	٢٠٠٠	–	٦٠٠٠	٧٢٠٠	٢٤

الطريقة العملية لتقدير التكلفة (operational estimating)

وتستخدم هذه الطريقة أساسا للأخذ في الاعتبار فترات تواجد بعض المــوارد في الموقع دون عمل ، فمثلا قد تتواجد معدة معينة في الموقع لفـــترة زمنيــة دون عمل ، أو قد تستخدم في خدمة أكثر من بند ، ومع ذلك لا تدخل حسابيا في تكلفـــة أي من هذه البنود.

فقد يتواجد أحد الحفارات في الموقع لفترة زمنية كبيرة قد تصل إلـــي عـــدة أشهر ، بينما الاستخدام الفعلي للحفار عدة أيام فقط ، ففي هذه الحالة مـــن الخطــأ حساب تكلفة الحفار كعلاقة بالإنتاجية ، بل يجب أن تؤخذ تكلفـــة الحفـــار كعلاقـــة زمنية وليس كعلاقة إنتاجية ، وهو ما يطلق عليه (time Related Cost) بمعنـــي أن تكون تكلفة الحفار عبارة عن حاصل ضرب تكلفة الحفار في وحدة الزمن × زمـــن تواجده في الموقع ، والمثال التالي يوضح هذه الفكرة:

إذا تواجد في الموقع محطة لخلط الخرسانة تخدم أكثر مـــن بنـــد ومجمـــوع كميات الخرسانة في هذه البنود هو ٢٥٠٠ متر مكعب لعدد ٤٠ بندا مثلا ، وتكلفـــة

محطة الخلط طوال فترة تواجدها في الموقع – وليس فترة عملها فقط – قد تكلف ٢٠٠٠٠ جنيه مصري .

ففي هذه الحالة يجب أن تؤخذ كل هذه التكلفة في الحساب بمعني أن كل متر مكعب من الخرسانة يتكلف معدات بما قيمته =٢٠٠٠٠ ÷ ٢٥٠٠ = ٨ جنيهات.

فيلاحظ أن هذه الطريقة العملية أكثر قربا للواقع من الطرق التي تربط تكلفة المعدة بإنتاجيتها فقط.

٢-٤ المناقصات والعطاءات Bedding and Tendering

المناقصات في صناعة التشييد هي أحد أساليب اختيار المقاول من قبل المالك أو من ينوب عنه ، حيث يتم اختيار المقاول إما عن طريق الإسناد المباشر – وذلك بتكليف مقاول معين أو شركة معينة أو مجموعة شركات متضامنة بتنفيذ مشروع ذو صفات خاصة وسيتم التعرض لهذا النوع من التعاقدات في حينه – أو عن طريق المناقصة وكما سبق فإن المناقصة هي باختصار محاولة الحصول على أفضل العروض المقدمة من المقاولين في صورة عطاءات.

بالنسبة لمعظم مشروعات التشييد التابعة للحكومة أو القطاع العام فإن غالب المشروعات تحتم علي المسئولين عن المشروع أن يعلنوا عن المشروع في الأماكن العامة المخصصة لذلك مثل: الجرائد، والمجلات، والدوريات، أو الأماكن العامة المهتمة بصناعة التشييد مثل: النقابات المهنية.

كما يجب أن يحتوي الإعلان علي وصف عام للمشروع من ناحية الموقع ، طبيعة المشروع، حجم المشروع ، الجهة المسئولة عن المشروع ، الزمن المتاح للتنفيذ ، والزمن المتاح لتقديم العطاءات ، ومكان شراء مستندات التعاقد ، وقيمة التأمين ، ومتطلبات الضمان ، وحق المالك أو من ينوب عنه في رفض أي من العطاءات المقدمة .

أما في حالة المشروعات الخاصة وهي ما يطلق عليها مشـــروعات القطـــاع الخاص فقد يلجأ صاحب المشروع إلي استخدام أسلوب الإعـــلان العـــام، أو يقـــوم باختيار بعض المقاولين وعمل مناقصة بينـــــهم ، أو يســـتخدم أســـلوب الإســـــناد المباشر، ولكل من هذه الأنواع مميزات وعيوب سيتم مناقشتها لاحقا في هذا البـــاب بمشيئة الله تعالي.

- **الاشتراك في المناقصة**

عادة يقوم المقاولون أو شركات المقـــاولات بمتابعـــة الجرائـــد والمجـــلات والأماكن العامة التي تقوم بالإعلان عن مناقصات التشـــييد ، ويحـــدد المســـئولون وأصحاب القرار في شركات المقاولات الاشتراك في مناقصة مشروع معيـــن مـــن عدمه ، وذلك بعد دراسة العوامل التالية:

- ظروف المقاول أو الشركة من ناحية احتياج المشروع إلى موارد ومـــدي توافرها ، مقارنة بإمكانيات المقاول ، ومدي ارتباطـــه فـــي مشـــروعات أخري تحت التنفيذ.
- ظروف المنافسة مع الشركات الأخرى ومدي احتمالية الفوز بالمناقصة.
- موقع المشروع ومدي ملاءمته لظروف المقاول (الشركة).
- القدرات المادية للمقاول ومدي ملاءمته لتمويل المشروع.
- القدرات المادية للمالك ومدي احتمالية الوفاء بالتزاماته المادية في حينه.
- طبيعة وحجم المشروع وملاءمة ذلك لقدرات وخبرات الشركة.
- حجم الأعمال المرتبط بها المقاول في نفس وقت المشروع وضبط المـــوارد مع الاحتياجات.

بالإضافة لما سبق فإن كثيرين من أصحاب المشروعات يضعـــون شـــروطا لمن يرغب من المقاولين أو شركات المقاولات في المشاركة في المناقصة ، مثـــل:

سابقة الأعمال، القدرة المادية للمقاول، حجم الأعمال الحالية، ما لديه من خبرات ومعدات.

وبناء علي ما سبق فإن كثيرا من الهيئات الحكومية يكون لديها قائمة بأسماء المقاولين أو شركات المقاولات المسموح لهم بدخول المناقصات لدي هذه الهيئة ، وبعض الهيئات تحدد أسماء مقاولين أو شركات مقاولات لأعمال تخصصية مثل: أعمال الرصف، أعمال الكباري، أعمال الأساسات العميقة، أعمال الدهانات، وهكذا.

- **زمن تقديم العطاءات**

عادة يتم تحديد الزمن المتاح لتقديم العطاء في الإعلان ، وقد يتراوح هذا الزمن بين أسبوعين إلي ستة أسابيع ، وقد يزيد هذا الزمن في بعض المشروعات الكبيرة والتي تحتوي علي عدد كبير من البنود وكثير من المواصفات الخاصة ، ومما يجدر الإشارة إليه في هذا الجانب أن قلة الزمن المتاح للمقاول لدراسة المشروع وتقديم العطاء يؤدى في كثير من الأحيان إلي لجوء المقاولين إلي عمل كثير من الافتراضات التي تفتقر إلي الدقة وتغطية ذلك برفع الأسعار ، لذلك يلاحظ أنه من الأفضل لأصحاب المشاريع إتاحة وقت كاف للمقاول لدراسة المشروع بدقة عالية ، ودراسة البدائل ، وذلك بالتأكيد سوف يؤدى إلي دقة الحسابات ، وبالتالي تقليل التكلفة العامة للمشروع.

- **زيارة الموقع**

تعتبر زيارة الموقع من قبل القائمين علي تقدير التكلفة في شركات المقاولات من الأمور الأساسية التي تساعد كثيرا في دقة تقدير التكلفة وبصورة مرضية حيث إن زيارة الموقع تحدد وتوضح كثيرا من الأمور الغامضة مثل:

١ – موقع ومكان المشروع.

٢ – الأحوال الجوية والطقس العام خلال السنة.

٣- مدي توافر الخدمات في الموقع مثل: الكهرباء، الماء، الغاز، التليفون، الصرف، وهكذا.
٤- أسلوب الوصول إلي الموقع.
٥- الاطلاع علي قوانين واشتراطات الجهات المحلية المسئولة عن نظم التشييد في المنطقة.
٦- الاطلاع علي حالة المباني والمنشآت المجاورة وكيفية تأمينها أثناء التشييد.
٧- تحديد الأسلوب الأمثل لتخزين وتشوين المواد اللازمة للموقع والمعدات وأسلوب تأمينها.
٨- دراسة طبوغرافية الأرض.
٩- دراسة حالة التربة في المنطقة كأن تكون تربة صخرية أو طينية ومنسوب المياه الجوفية.
١٠- مدي وجود عوائق في منطقة العمل قد تؤثر علي سير العمل مثل: أسلاك التليفونات، والكهرباء، ومواسير الصرف، وغيرها.
١١- مدي توافر وسائل مواصلات ونقل في المنطقة.
١٢- دراسة إمكانية الإعاشة بالنسبة للعاملين في أعمال التشييد.
١٣- مدي توافر المواد الخام في منطقة المشروع وأسعار هذه المواد وأسلوب نقلها.
١٤- مدي توافر معدات التشييد والتكلفة في حالة الاستئجار.
١٥- مدي توافر مقاولي الباطن في منطقة المشروع للقيام ببعض الأعمال الخاصة.
١٦- حجم العوائق والمنشآت الواجب إزالتها من الموقع والأسلوب الأمثل للتخلص منها، وعلي من يقوم بزيارة الموقع كتابة تقرير يوضح فيه النقاط السابق ذكرها، ويفضل استخدام الصور الفوتوغرافية وشرائط الفيديو لزيادة إيضاح بعض أو كل النقاط السابق ذكرها ، وفي حالة اكتشاف بعض الأمور الخافية والتي لم ترد في وصف المشروع ، مثل: صعوبة الوصول إلي الموقع ،

فيجب في هذه الحالة إبلاغ المسئولين والمصمم حتى يكونا علي دراية بكيفية حل هذه المشاكل ، وأخذ ذلك في الاعتبار عند دراسة المشروع وتقدير التكلفة ودراسة العطاءات المقدمة.

- **أنواع المناقصات Methods Of Tendering**

المقصود بالمناقصات هي أحد أساليب اختيار المقاول المناسب للقيام بتنفيذ المشروع ، وهناك ثلاثة أنواع رئيسة من المناقصات ولكل منها مميزات وعيوب سيتم التعرض لها فيما يلي:

أ-المناقصات المفتوحة Open Tendering

وهي المناقصات التي يسمح فيها لجميع المقاولين بدخول المناقصة ، وذلك بالإعلان عن المشروع في الصحف العامة أو المجلات المتخصصة في مجال التشييد ، وذلك بإعطاء فكرة عامة عن المشروع والزمن المفترض للتنفيذ ، مع تحديد الجهة صاحبة المشروع ، ومكان الحصول علي مستندات المناقصة نظير مبلغ بسيط يغطي تكلفة المستندات ، والزمن المتاح للتقدم بالعطاء.

وهذا الإعلان يعتبر دعوة مفتوحة إلي من يرغب من المقاولين في دخول المناقصة بهذه الطريقة المفتوحة والمتاحة لجميع المقاولين.

وفي هذا الإعلان يتم تحديد تأمين أو مبلغ من المال يدفعه المقاول لتأكيد جدية الراغبين في المشاركة ، علي أن يسترد هذا المبلغ بعد الانتهاء من هذه المرحلة واختيار المقاول المناسب لتنفيذ المشروع.

مميزات المناقصات المفتوحة

١- السماح بظهور مقاولين جدد يدخلون مجال العمل ، وهذا يعطي فرصة أيضا لشركات المقاولات الحديثة لكي تنافس في صناعة التشييد مما يثري هذه الصناعة.

٢- تجنب المحسوبيات في تحديد المقاولين أو اختيار شركات بعينها للقيـام بتنفيـذ المشروعات.

٣- الحصول علي أفضل البدائل والعروض وذلك بسبب شدة المنافسـة المفتوحـة بين المقاولين.

٤- تجنب اتفاق المقاولين علي تحديد تكلفة معينة وتقسيم العمل بينهم ، كما يحـدث أحيانا في حالة المناقصات المحدودة.

عيوب المناقصات المفتوحة

١- زيادة عدد المقاولين المتنافسين في هذا النوع من المناقصات يؤدي إلي زيـادة التكلفة الغير مباشرة للمشروعات ، حيث يقوم كل مقاول بترحيل تكلفة دراسـة المشروعات التي لم ينجح في الفوز بها إلي المشروعات الأخرى.

٢ – قد يضطر صاحب القرار إلي اختيار المقاول الـذي قـدم أقـل الأسـعار ، وبخاصة في المشروعات التابعة للجهات الحكومية – حيث تنـص القوانيـن علي ذلك – مع عدم تأكده من قدرة هـذا المقـاول علـي تنفيـذ المشـروع بالمواصفات والاشتراطات المطلوبة.

٣ – اختيار المالك لأقل الأسعار قد تؤدى إلي نتائج سلبية من حيث جودة العمـل ، أو قد يكون المقاول الذي تقدم بأقل الأسعار لديه مشاكل مادية ممـا اضطـره لتقليل الأسعار بغرض الفوز بتنفيذ بعض المشروعات ، وذلك مما يؤثر سـلبا علي زمن المشروع أو جودته بسبب مشاكل التمويل المادي ، وقد يؤدي ذلـك إلي اضطرار الشركات الكبيرة إلي خفض أسعارها علي حساب جودة العمل ، وبخاصة في أوقات الركود التي تمر بها صناعة التشييد في بعض البلاد.

٤ – قد يلجأ كثير من المقاولين الذين تقدموا بأسعار منخفضة وتم اختيارهم لتنفيـذ المشروع وبعد بدء مرحلة التنفيذ ، قد يلجأ المقاول بعد اكتشـافه أن الأسـعار

غير مرضية إلي تقليل الجودة ، أو إلي المماطلة بهدف الحصول علي مبالغ تعويضية من المالك.

٥ – إحجام كثير من شركات المقاولات الكبيرة عن الدخول في المناقصات المفتوحة ، وذلك نظرا لارتفاع مصروفاتها الإدارية واضطرارها إلي خفض الأسعار لمنافسة الشركات الصغيرة.

ب–المناقصات المحدودة Selective Tendering

في هذا النوع من المناقصات يقوم المالك أو من ينوب عنه باختيار عدد مناسب من المقاولين ، يتم دعوتهم إلي تقديم عطاءاتهم لتنفيذ المشروع ، وعادة يتناسب عدد المقاولين مع حجم المشروع بمعني زيادة العدد مع زيادة حجم المشروع إلا في حالة المشروعات ذات الطبيعة الخاصة ، والتي لا يتوافر في مجالها عدد من المقاولين ، وبصفة عامة يكون عدد المقاولين بين خمسة وثمانية .ويتم إرسال خطابات مسجلة إلي هؤلاء المقاولين لإرسال مندوبيهم لاستلام مستندات المناقصة مع دفع التأمين المقرر ورسوم شراء الرسومات ، وفي معظم الجهات الحكومية يكون لديهم جداول بأسماء المقاولين الذين تتعامل معهم هذه الجهة ، ويتم دعوتهم بناء علي تخصص كل منهم وطبيعة المشروع.

مميزات المناقصات المحدودة

١ – سهولة اختيار أقل الأسعار وذلك بسبب اختيار المقاولين مسبقا.

٢ – تقليل عدد المقاولين المتقدمين للمناقصة يؤدي إلي خفض المصروفات الإدارية وإلي تقليل مخاطر فشل المشروع.

٣ – الاختيار المسبق لعدد محدد من المقاولين يمكن المقاول من وضع قيمة ربح مناسبة مما يرفع من جودة العمل والمحافظة علي المواصفات المطلوبة.

عيوب المناقصات المحدودة

١ – وجود بعض المحسوبيات والعلاقات الخاصة التي تؤثر كثيرا في اختيار المقاولين الذين يتم دعوتهم لدخول المناقصة.

٢ – ارتفاع الأسعار والتكلفة بصفة عامة عن نظام المناقصات المفتوحة.

٣ – يلجأ بعض المقاولين في هذا النوع من المناقصات إلي وضع أسعار مبالغ فيها جدا في حالة عدم الرغبة في دخول المناقصة ، وذلك بدلا من الاعتذار ، حتى يستمر في التعامل مع الجهة صاحبة المشروع ، ويتجنب إزالة اسمه من قائمة الشركة نتيجة تكرار الاعتذار.

٤– قد يلجأ المقاولون المدعوون إلي دخول المناقصة المحدودة إلي عمل اتفاق بينهم علي رفع التكلفة ، وترك المشروع لأحدهم ، نظير تبادل منافع أخري ، أو تقسيم المشروعات بينهم.

جـ – المناقصات التعددية Serial Tendering

يستخدم هذا النوع من المناقصات في حالة وجود عدة مشروعات لدي المالك متشابهة مثل: مشروعات الإسكان، ومشروعات المدارس، والطرق، والمشروعات المتشابهة حيث يتم طرح المناقصة علي أساس إمكانية تكرار المشروع مع نفس المقاول وبنفس الشروط والأسعار ، مما يعطي للمقاول حافزا كبيرا علي إنهاء المشروع في موعده وبالجودة والمواصفات المطلوبة.

مميزات المناقصات التعددية

١ – إعطاء فرصة جيدة للمقاول لإثبات جدارته بالاستمرار في العمل ، وتوزيع الموارد بصورة جيدة ، نظرا للمعرفة المسبقة بطبيعة المشروع ، والاستفادة بزيادة الإنتاجية مع تكرار العمل وهو ما يطلق عليه (Learning Curve).

٢ – هذا النوع من المناقصات يوجد علاقة جيدة بين المالك والمقاول ، نظرا لتكرار التعامل وتفهم كل منهم لظروف الآخر وأسلوب التعامل ، وبالتالي رفع كفاءة استخدام الموارد وزيادة الإنتاجية وارتفاع جودة العمل.

٣ – إعطاء المقاول فرصة كبيرة في تخطيط وتوزيع العمالة وأطقم العمل في الموقع وبالتالي رفع الكفاءة.

عيوب المناقصات التعددية

١ – تقليل فرص المقاولين الآخرين في إيجاد فرص عمل.

٢ – اضطرار المقاول في بعض الأحيان إلي قبول أسعار منخفضة عن الواقع، وبخاصة في حالة ارتفاع معدل تضخم الأسعار مع ثبات التكلفة المتفق عليها سابقا ، مما يؤثر علي جودة العمل.

د–الإسناد المباشر Forced Tendering

يستخدم هذا الأسلوب وهو إسناد المشروع مباشرة إلي أحد المقاولين أو شركات المقاولات دون عمل مناقصة ، وذلك في بعض الحالات الخاصة التي تستدعي أو يضطر فيها المالك إلي ذلك وهي:

١ – وجود خبرات خاصة ومميزة لا تتوافر إلا لهذا المقاول.

٢ – صعوبة التمويل المادي عند المالك مما يضطره إلي إسناد المشروع إلي مقاول معين يكون لديه القدرة المالية علي تمويل المشروع ، وبخاصة في مراحله الأولي.

٣ – رغبة المالك في استمرارية التعامل مع مقاول معين أثبت جدارته في القيام بالأعمال المتفق عليها بصورة طيبة ، فيقوم المالك بإسناد المشروع مباشرة لهذا المقاول.

٤ – في حالة وجود علاقة بين المالك والمقاول كأن يكون المقاول أحد مؤسسات المالك ، كما يحدث في إسناد المشروعات التي تملكها الدولة أو الوزارة إلي شركات القطاع العام المتخصصة في مجال تشييد المشروعات.

٥ – في حالة رغبة المالك في توفير الوقت والجهد المستغرق في عمل المناقصات وضرورة البدء في أعمال التنفيذ بأسرع ما يمكن ، مما يضطر المالك إلي استخدام هذا الأسلوب في إسناد العمل إلي مقاول معين.

مميزات أسلوب الإسناد المباشر

١ – الحصول علي جودة عالية وخاصة أن اختيار المقاول تم بناء علي معلومات سابقة وخبرة سبق الاطلاع عليها.

٢ – حدوث تعاون بين المقاول والمصمم يوفر ثقة تبادلية وعلاقة تفاهم بينهما وبين المالك ، مما يوفر كثيرا من الوقت والجهد.

٣ – إعطاء فرصة للمقاول في عمل أوامر التوريد مبكرا ، مما يؤدي إلي إنجاز الأعمال المؤقتة وأعمال الخدمات مبكرا ، وبالتالي تقليل زمن التنفيذ.

٤ – الإسناد المباشر يوفر كثيرا من وقت الإعلان وطرح العطاء واختيار المقاول.

٥ – توفير جزء من استثمارات المالك في حالة تمويل المقاول للمشروع في بدايته.

عيوب أسلوب الإسناد المباشر

١ – من أهم عيوب الإسناد المباشر هو ارتفاع التكلفة وذلك بسبب غياب عامل المنافسة بين المقاولين.

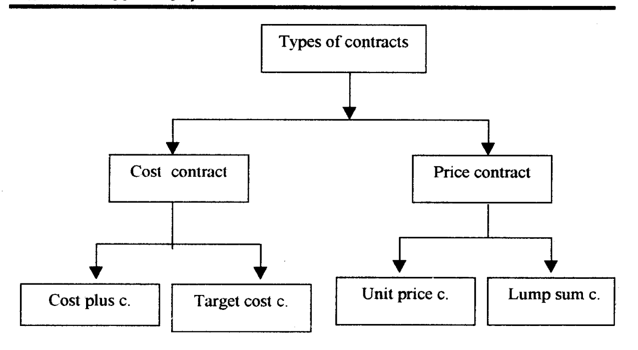
٢– قد يكون هناك محاباة أو محسوبية في هذا الأسلوب عند اختيار المقاول ، وبخاصة إذا كان هناك علاقة بين المقاول وأصحاب قرار الإسناد المباشر.

٣ – قد يلجأ بعض المقاولين إلي وضع شروط مجحفة بالمالك وخاصة إذا كان عنده تأكد بعدم وجود أي منافسة.

٤ – صعوبة متابعة المقاول ومراقبته ومحاسبته وخاصة إذا كان المقاول أحد مؤسسات المالك.

٢–٥ أنواع عقود التشييد Types of Construction Contracts

إن العقود في صناعة التشييد هي اتفاقات بين المالك والمقاول يقوم بموجبها المقاول بتنفيذ الأعمال المبينة في العقد ، ملتزما باللوحات المعمارية والإنشائية والتفصيلية ، والمواصفات والاشتراطات المرفقة مع مستندات العقد ، نظير مبالغ مالية تدفع له من قبل المالك بالأسلوب الموضح بالعقد.وتختلف عقود التشييد باختلاف المشروعات ، من ناحية حجم المشروع ، وطبيعته ، وزمن التنفيذ ، والمعلومات المتوفرة عن المشروع ، والظروف المالية لكل من المالك والمقاول ، ودرجة الجودة المطلوبة.وبصفة عامة يمكن تقسيم أنواع عقود التشييد إلي نوعين رئيسيين طبقا لأسلوب التعامل المادي بين المالك والمقاول. فهناك عقود تعتمد علي أن التعامل المادي يكون علي أساس الثمن (Price) وهو التكلفه الكلية للمشروع (التكلفة المباشرة + التكلفة الغير مباشرة) وهما نوعان رئيسان: عقد الثمن الكلي(Lump Sum Contract) وعقد ثمن الوحدة (Unit Price Contract) وهناك عقود تعتمد علي أن التعامل المادي يكون علي أساس التكلفة المباشرة (Direct Cost) فقط ومنها نوعان رئيسان هما: عقد التكلفة بالإضافة إلي نسبة(Cost plus Contract) وعقد التكلفة المستهدفة (Target Cost Contract) والشكل التالي يوضح هذا التقسيم:



وكل نوع من هذه الأنواع له ملامح وصفات رئيسة يتميز بها ، مثل: درجة المرونة التي يوفرها للمالك في حالة الرغبة في عمل تغييرات أثناء التنفيذ، ومثل: مستوى الحوافز التي يوفرها للمقاول ، وكذلك درجة المخاطر التي يتحملها كل من المالك والمقاول ، ويمكن تناول هذه الأنواع بشيء من التفصيل فيما يلي:

٢-٥-١ عقود الثمن Price Contracts

٢-٥-١-١ عقد الثمن الكلي Lump Sum Contract (L .S)

وهو أحد أنواع عقود التشييد التي يلتزم فيها المقاول بالقيام بالأعمال المتفق عليها ، نظير مبلغ إجمالي ثابت من المال يدفعه المالك. ويلاحظ أن ثبات المبلغ المتفق عليه يحمل المقاول مسئولية أي مخاطر يتعرض لها المشروع أثناء التنفيذ ، ولا يتحمل المالك أي مشاركة في تحمل أي نسبة من أي زيادة مالية يتعرض لها المشروع ، ولكن المالك ملتزم فقط بدفع المبلغ المتفق عليه. والكثير من أصحاب المشاريع يفضلون مثل هذا النوع من التعاقدات ، وبخاصة في مشروعات القطاع الخاص حيث يحدد للمالك التكلفة الإجمالية للمشروع دون السماح بأي احتمالية للتغيير مما يترتب عليه تحمل المقاول لأي مخاطر ينتج عنها أي زيادة في

التكلفة، وبخـــاصة مخـــاطر ارتفاع التكلفة الناتجة عن تضخم أســـعار المـــواد أو ارتفاع أجور العمال أو ارتفـــاع تكـــلفة المعدات .

مع ملاحظة أن استخدام عقد الثمن الكلي وبسبب عدم وجود أي مرونة فـــي تغيير التكلفة فذلك يحتم تحديد التكلفة الكلية بدقة عالية قبل التعاقد مما يـــؤدي إلـــي ضرورة الانتـــهاء تمـــاما مـــن جميع الرسومات والتصميمات والمواصفـــات وأي متطلـــبات خاصة بالمشـــروع قبل البدء في إعداد جداول الكميات وحساب التكلفـــة والتعاقد ويمكن إجمال السمات والملامح التي يتصف بها هذا النـــوع مـــن عقـــود التشييد في النقاط التالية:

١ - يشترط لاستخدامه الانتـــهاء التـــام مـــن جميـــع التصميمـــات والرســـومات والمواصفات.

٢ - لا يعطي للمالك أي مرونة في إحداث أي تغيير فـــي عـــدد أو حجـــم بنـــود المشروع.

٣ - يوفر للمقاول حافزا كبيرا جدا لتوفير أي مبالغ مالية.

٤ - يتحمل المقاول جميع المخاطر التي قد يتعرض لها المشروع أثناء التنفيذ.

٥ - يتميز بثبات التكلفة الكلية للمشروع وذلك من وجهة نظر المالك.

٢-٥-١-٢ عقد ثمن الوحدة Unit Price Contract (U.P)

ويعتمد هذا النوع من العقود علي ثمن الوحدة من كل بند ، والذي يتم تقديـــر التكلفة له من قبل المقاول ، بناء علي جداول الكميات التي يتم حصرها من خـــلال الرسومات المعمارية والإنشائية ، والتي سبق الإشارة إليها تفصيليـــا عنـــد شـــرح حساب الكميات.ويقوم المقاول أو من ينوب عنه وبناء علي حجم الأعمال المذكـــورة في جداول الكميات نظير كل بند وبعد تحديد أسلوب التنفيذ المناسب بتحديـــد أطقـــم العمل والتي تتكون من عمالة ومعدات ، وكذلك حساب كميـــات المـــواد الخـــام اللازمة لتنفيذ هذه البنود . وبالتالي يمكن حساب التكلفة المباشـــرة للبنـــد . وذلـــك بجمع تكلفة العمالة والمواد والمعدات ، ثم تقـــدر التكلفـــة الغـــير مباشـــرة - إدارة

الموقع، الإدارة العامة، الضمان، المخاطر، الربح - كنسبة من التكلفة المباشرة ، وتضاف إليها ، فيتم الحصول علي التكلفة الكلية للبند ، وهو ما يطلق عليه أحيانا ثمن البند ، وبقسمة هذا الثمن علي الكمية نحصل علي ثمن الوحدة لكل بند وهو الأساس الذي يبني عليه الاتفاق بين المالك والمقاول في هذا النوع من العقود وبناء عليه أيضا يتم حساب المستخلصات أثناء أعمال التنفيذ (والمستخلصات هي قائمة الأعمال التي تقدم من قبل المقاول إلي المالك علي فترات محددة يتم الاتفاق عليها توضح حجم الأعمال التي قد انتهت وما يناظرها من تكلفة يتم صرفها من المالك إلي المقاول ، وذلك بعد مراجعة ما تم من أعمال ، والتأكد من مطابقتها للمواصفات والرسومات، وذلك من قبل المالك أو من ينوب عنه).والمثال التالي يوضح هذه الخطوات بشيء من التفصيل:

مثال

الجدول المرفق يبين البنود اللازمة لتنفيذ مشروع أحد الفيلات السكنية والذي يتكون من دورين ، والمطلوب بعد اقتراح أسلوب التنفيذ واختيار أطقم العمل لكل بند : حساب تكلفة الموارد - عمالة، مواد، معدات، مقاول باطن - وتجهيز الجدول اللازم لدخول العطاء.

رقم البند	اسم البند	وحدة القياس	الكمية	ثمن الوحدة	ثمن البند
١	حفر تربة عادية	متر مكعب	٥٢		
٢	الخرسانة العادية	متر مكعب	١٤		
٣	الخرسانة المسلحة	متر مكعب	٨٢		
٤	أعمال المباني الخارجية	متر مكعب	٣٢		
٥	أعمال المباني الداخلية	متر مربع	٣٨٢		
٦	أعمال لياسة داخلية	متر مربع	٥٥٢		
٧	أعمال لياسة خارجية	متر مربع	٥٣٢		
٨	أعمال لياسة أسقف	متر مربع	١٠٣		
٩	الدهانات الداخلية	متر مربع	٥٥٢		
١٠	الدهانات الخارجية	متر مربع	٥٣٢		
١١	دهانات الأسقف	متر مربع	١٠٣		
١٢	أعمال الأرضيات	متر مربع	٣٤٠		
١٣	أعمال الكهرباء	مقطوعية	مقطوعية		
١٤	أعمال النجارة	مقطوعية	مقطوعية		
١٥	أعمال الصحي	مقطوعية	مقطوعية		

يتم دراسة هذا المشروع من خلال الخطوات التالية:

أولا: تحديد أسلوب التنفيذ وأطقم العمل والتكلفة لكل بند كما يلي:

١-أعمال حفر ٥٢ مترا مكعبا.

بفرض أن يكون الحفر يدويا باستخدام طقم حفر يتكون من عدد ٦ عمـــال + رئيس عمال بإنتاجية ١٧ مترا مكعبا في اليوم.

زمن البند = ٥٢ ÷ ١٧ = ٣ أيام .

التكلفة (رئيس العمال) = ٣ (أيام) × ١٣٠ جنيها في اليوم = ٣٩٠ جنيها.

(العمال) = ٦ (عمال)×٣(أيام)×٦٠(جنيها) =١٠٨٠ جنيها.

تكلفة البند = ٣٩٠ + ١٠٨٠ = ١٤٧٠ جنيها.

٢- أعمال الخرسانة العادية (١٤) مترا مكعبا.

بفرض استخدام خلاطة نحلة بإنتاجية ١٥ مترا مكعبا في اليوم مع عدد ٢ عربة نقل يدوي مع طقم عمالة يتكون من رئيس عمال وعدد ٨ عمال عاديين وعامل خلاطة.

زمن البند = الكمية ÷ الإنتاجية = ١٤ ÷ ١٥ = ١ يوما تقريبا.

تكلفة المواد ١٢ مترا مكعبا زلط × ٣٠ جنيها = ٣٦٠ جنيها شاملا النقل للموقع.

٦ أمتار مكعبة رمل ×٢٠ جنيها = ١٢٠ جنيها شاملا النقل للموقع.

٧٢ شكارة أسمنت ×١٥ جنيها = ١٠٨٠ جنيها شاملا النقل للموقع.

تكلفة المواد = ١٥٦٠ جنيها.

تكلفة العمالة والمعدات

الخلاطة	= ١ × ٥٠٠	= ٥٠٠ جنيه
عربة نقل يدوي	= ٢ × ٥٠	= ١٠٠ جنيه
رئيس عمال	= ١ × ١٣٠	= ١٣٠ جنيها
عامل خلاطة	= ١ × ١٠٠	= ١٠٠ جنيه
عامل عادي	= ٨ × ٦٠	= ٤٨٠ جنيها
تكلفة العمالة والمعدات		= ١٣١٠ جنيهات
تكلفة البند	١٥٦٠ + ١٣١٠	= ٢٨٧٠ جنيها

٣-أعمال الخرسانة المسلحة (٨٢) مترا مكعبا.

بفرض استخدام خلاطة نحلة بإنتاجية ١٥ مترا مكعبا ÷ يوم + ٢ عربة نقل يدوي مع عامل

خلاطة ورئيس عمال مع ٨ عمال عاديين وعدد ٤ حدادين وعدد ٤ نجارين

زمن البند = الكمية ÷ الإنتاجية = ٨٢ ÷ ١٥ =٦ أيام عمل تقريبا.

تكلفة المواد ٦٩ مترا مكعبا زلط × ٣٠ جنيها = ٢٠٧٠ جنيها.

٣٤,٥ مترا مكعبا رمل × ٢٠ جنيها = ٦٩٠ جنيها.

٥٨١ شكارة أسمنت × ١٥ جنيها = ٨٧١٥ جنيها.

٧٦٧٢ كيلوجرام حديد × ١,٣٠٠ = ٩٩٧٣ جنيها.

تكلفة المواد = ٢١٤٤٨ جنيها.

تكلفة العمالة والمعدات

الخلاطة = ١ × ٦ × ٥٠٠ = ٣٠٠٠ جنيه.

عربة نقل يدوي = ٢ ×٦ × ٥٠ =٦٠٠ جنيه.

رئيس عمال = ١ × ٦ × ١٣٠ = ٧٨٠ جنيها.

عامل خلاطة = ١ × ٦ × ١٠٠ = ٦٠٠ جنيه.

عامل عادي = ٨ × ٦ × ٦٠ = ٢٨٨٠ جنيها.

حداد = ٤ × ٦ × ١٠٠ = ٢٤٠٠ جنيه.

نجار = ٤ × ٦ × ١٠٠ = ٢٤٠٠ جنيه.

تكلفة العمالة والمعدات = ١٢٦٦٠ جنيها.

تكلفة البند = ٢١٤٤٨ + ١٢٦٦٠ = ٣٤١٠٨ جنيهات.

٤- أعمال المباني الخارجية (٣٢) مترا مكعبا.

بفرض استخدام طقم مباني يتكون من رئيس عمـــال + ٣ عمـــال بنـــاء + ١٠عمال عاديين.

بإنتاجية ٧ أمتار مكعبة في اليوم.

زمن البند = ٣٢ ÷ ٧ = ٤,٥ يوم أي أن خمسة أيام عمل تقريبا.

تكلفة المواد

٦ أمتار مكعبة رمل × ٢٠ = ١٢٠ جنيها.

٤٠ شكارة أسمنت × ١٥ = ٦٠٠ جنيه.

٤٠٠٠ طوبة × ١,٢ = ٤٨٠٠ جنيه (عدد الطوب = حجـــم الحائط ÷ حجم الطوبة) وإضافة نسبة للهالك.

تكلفة المواد = ٥٥٢٠ جنيها.

تكلفة العمالة

١ رئيس عمال × ٥ × ١٣٠ = ٦٥٠ جنيها.

٣ عمال بناء × ٥ × ١٠٠ = ١٥٠٠ جنيه.

١٠ عمال عاديين ×٥×٦٠ = ٣٠٠٠ جنيه.

تكلفة العمالة = ٥١٥٠ جنيها.

تكلفة البند = ٥٥٢٠ + ٥١٥٠ = ١٠٦٧٠ جنيها.

٥-أعمال المباني الداخلية ٣٨٢ مترا مربعا.

بفرض استخدام طقم مباني يتكون من رئيس عمال + عدد ٣ عمال بنـــاء + ١٠ عمال عاديين

بإنتاجية ٣٠ مترا مربعا في اليوم.

زمن البند = ٣٨٢ ÷ ٣٠ = ١٣ يوما.

تكلفة المواد

١٠ أمتار مكعبة رمل ×٢٠ = ٢٠٠ جنيه.

٧٥ شكارة أسمنت × ١٥ = ١١٢٥ جنيها.

١٥٢٣٠ طوبة × ١,٢ = ١٨٢٧٦ جنيها.

تكلفة المواد = ١٩٥٠١ جنيها.

تكلفة العمالة

١ رئيس عمال × ١٣ × ١٣٠ = ١٦٩٠ جنيها.

٣ عمال بناء × ١٣ × ١٠٠ = ٣٩٠٠ جنيه.

١٠ عمال عاديين× ١٣ × ٦٠ = ٧٨٠٠ جنيه.

تكلفة العمالة = ١٣٣٩٠ جنيها.

تكلفة البند = ١٩٥٠١ + ١٣٣٩٠ = ٣٢٨٩١ جنيها.

٦- أعمال اللياسة الداخلية (٥٥٢) مترا مربعا.

بفرض استخدام طقم لياسة يتكون من رئيس عمال + ٢ عاملا لياسة + ٤ عمال عاديين بإنتاجية ١٠٠ متر مربع في اليوم.

زمن البند = ٥٥٢ ÷ ١٠٠ = ٦ أيام تقريبا

تكلفة المواد

١٧مترا مكعبا رمل × ٢٠ =٣٤٠ جنيها.

٧٤ شكارة أسمنت × ١٥ = ١١١٠ جنيهات.

تكلفة المواد = ١٤٥٠ جنيها.

تكلفة العمالة

١ رئيس عمال × ٦ × ١٣٠ = ٧٨٠ جنيها.

٢ عاملا لياسة × ٦ × ١٠٠ = ١٢٠٠ جنيه.

٤ عمال عاديين × ٦ × ٦٠ = ١٤٤٠ جنيها.

تكلفة العمالة = ٣٤٢٠ جنيها.

تكلفة البند = ١٤٥٠ + ٣٤٢٠ = ٤٨٧٠ جنيها.

٧- أعمال اللياسة الخارجية (٥٣٢) مترا مربعا.

بفرض استخدام طقم لياسة يتكون من رئيس عمال + ٢ عـــاملا لياســـة + ٦ عمال عاديين بإنتاجية ١٠٠ متر مربع في اليوم.

زمن البند = ٥٣٢ ÷ ١٠٠ =٦ أيام تقريبا.

تكلفة المواد

١٦ مترا مكعبا رمل × ٢٠ = ٣٢٠ جنيها.

٧٢ شكارة أسمنت × ١٥ = ١٠٨٠ جنيها.

تكلفة المواد = ١٤٠٠ جنيه.

تكلفة العمالة

١ رئيس عمال × ٦ × ١٣٠ = ٧٨٠ جنيها.

٢ عاملا لياسة ×٦ × ١٠٠ = ١٢٠٠ جنيه.

٦ عمال عاديين × ٦ × ٦٠ = ٢١٦٠ جنيها.

تكلفة العمالة = ٤١٤٠ جنيها.

تكلفة البند ١٤٠٠ + ٤١٤٠ = ٥٥٤٠ جنيها.

٨- أعمال لياسة السقف (١٠٣) أمتار مربعة

بفرض استخدام طقم لياسة يتكون من رئيس عمال + ٢ عاملا لياسة + ٦ عمال عاديين بإنتاجية ٨٠ مترا مربعا في اليوم.

زمن البند = ١٠٣ ÷ ٨٠ = ١.٣ يوما أي حوالي يومين.

تكلفة المواد

٤ أمتار مكعبة رمل × ٢٠ = ٨٠ جنيها.

١٤ شكارة أسمنت × ١٥ = ٢١٠ جنيهات.

تكلفة المواد = ٢٩٠ جنيها.

تكلفة العمالة

١ رئيس عمال × ٢ × ١٣٠ = ٢٦٠ جنيها.

٢ عاملا لياسة × ٢ × ١٠٠ = ٤٠٠ جنيه.

٦ عمال عاديين × ٢ × ٦٠ = ٧٢٠ جنيها.

تكلفة العمالة = ١٣٨٠ جنيها.

تكلفة البند = ٢٩٠ + ١٣٨٠ = ١٦٧٠ جنيها.

٩- أعمال الدهانات الداخلية (٥٥٢) مترا مربعا .

بفرض استخدام طقم عمل دهانات يتكون من رئيس عمال + ٢ عاملان فنيان + ٤ عمال عاديين وبإنتاجية تقدر بحوالي ٨٠ مترا مربعا في اليوم.

زمن البند = ٥٥٢ ÷ ٨٠ = ٧ أيام

تكلفة المواد

زيت جاهز لدهان هذه المساحة بتكلفة شاملة التوريد ٦٠٠٠ جنيه.

تكلفة العمالة

١ رئيس عمال × ٧ × ١٣٠	= ٩١٠ جنيهات.
٢ عاملا دهان × ٧ × ١٠٠	= ١٤٠٠ جنيه.
٤ عمال عاديين × ٧ × ٦٠	= ١٦٨٠ جنيها.
تكلفة العمالة	= ٣٩٩٠ جنيها.
تكلفة البند ٦٠٠٠ + ٣٩٩٠	= ٩٩٩٠ جنيها.

١٠- أعمال الدهانات الخارجية (٥٣٢) مترا مربعا .

بفرض استخدام نفس طقم البند السابق (الدهانات الداخلية) وبنفس الإنتاجية بعد زيادة عدد العمال العاديين إلي ٦ عمال.

زمن البند = ٥٣٢ ÷ ٨٠ = ٧ أيام.

تكلفة المواد

تكلفة شراء وتوريد المواد اللازمة لدهان هذه المساحة = ٥٠٠٠جنيه.

تكلفة العمالة

١ رئيس عمال × ٧ × ١٣٠	= ٩١٠ جنيهات.
٢ عاملا دهان × ٧ × ١٠٠	= ١٤٠٠ جنيه.
٦ عمال عاديين × ٧ × ٦٠	= ٢٥٢٠ جنيها.
تكلفة العمالة	= ٤٨٣٠ جنيها.
تكلفة البند ٥٠٠٠ + ٤٨٣٠	= ٩٨٣٠ جنيها.

١١ – دهانات الأسقف ١٠٣ أمتارا مربعة.

بفرض استخدام نفس طقم الدهانات المستخدم في البند السابق (الدهانات الخارجية) بعد زيادة العمال العاديين إلي ثمانية عمال وإنتاجية ٨٠ مترا مربعا في اليوم.

زمن البند = ١٠٣ ÷ ٨٠ = ٢ يوما.

تكلفة المواد

تكلفة شراء وتوريد المواد اللازمة لدهانات الأسقف تم تقديرها بمبلغ ٢٠٠٠ جنيه.

تكلفة العمالة

١ رئيس عمال × ٢ × ١٣٠	=٢٦٠	جنيها.
٢ عاملا دهانات × ٢ × ١٠٠	= ٤٠٠	جنيه.
٨ عمال عاديين × ٢ × ٦٠	= ٩٦٠	جنيها
تكلفة العمالة	= ١٦٢٠	جنيها.
تكلفة البند ٢٠٠٠ + ١٦٢٠	= ٣٦٢٠	جنيها.

١٢– أعمال الأرضيات ٣٤٠ مترا مربعا.

بفرض استخدام طقم يتكون من رئيس العمال + ٣ عمال بلاط + ٦ عمال عاديين وبفرض إنتاجية حوالي ٤٠ مترا مربعا في اليوم.

زمن البند = ٣٤٠ ÷ ٤٠ = ٩ أيام

تكلفة المواد

٣٤٠ مترا مربعا بلاط × ١,١٠ (بفرض نسبة هالك ١٠%)
×١٥ = ٥٧٥٠ جنيها.

٢٥ مترا مكعبا رمل × ٢٠	= ٥٠٠ جنيه.
٧٠ شكارة أسمنت × ١٥	= ١٠٥٠ جنيها.
تكلفة المواد	= ٧٣٠٠ جنيه.

تكلفة العمالة

١ رئيس × ٩ × ١٣٠	=١١٧٠ جنيها.
٢ عاملان فنيان × ٩× ١٠٠	= ٢٧٠٠ جنيه.
٦ عمال عاديين × ٩× ٦٠	= ٣٢٤٠ جنيها.
تكلفة العمالة	= ٧١١٠ جنيهات.
تكلفة البند = ٧٣٠٠ + ٧١١٠	= ١٤٤١٠ جنيهات.

١٣ - أعمال الكهرباء

بفرض أن هذا البند سوف يسند إلي مقاول باطن بتكلفة إجمالية مقدارها ١٩٢٢٠ جنيها وتستغرق زمن ١٢ يوما.

١٤- أعمال النجارة

بفرض أن هذا البند سوف يسند إلي مقاول باطن وبتكلفة ٢١٠٦٠ جنيها وزمن ١٠ أيام.

١٥- أعمال الصحي

بفرض أن هذا البند سوف يسند إلي مقاول باطن وبتكلفة مقدارها ٢٢٦٧٠جنيها وتستغرق زمن ١١ يوما.

ثانيا : يتم تفريغ هذه المعلومات في الجدول التالي:

رقم البند	اسم البند	وحدة القياس	الكمية	التكلفة المباشرة			التكلفة الكلية للبند
				مواد	عمالة وسعدات	مقاول باطن	
١	حفر تربة عادية	متر مكعب	٥٢	–	١٤٧٠	–	١٤٧٠
٢	الخرسانة العادية	متر مكعب	١٤	١٥٦٠	١٣١٠	–	٢٨٧٠
٣	الخرسانة المسلحة	متر مكعب	٨٢	٢١٤٤٨	١٢٦٦٠	–	٣٤١٠٨
٤	أعمال المباني الخارجية	متر مكعب	٣٢	٥٥٢٠	٥١٥٠	–	١٠٦٧٠
٥	أعمال المباني الداخلية	متر مربع	٣٨٢	١٩٥٠١	١٣٣٩٠	–	٣٢٨٩١
٦	أعمال لياسة داخلية	متر مربع	٥٥٢	١٤٥٠	٣٤٢٠	–	٤٨٧٠
٧	أعمال لياسة خارجية	متر مربع	٥٣٢	١٤٠٠	٤١٤٠	–	٥٥٤٠
٨	أعمال لياسة أسقف	متر مربع	١٠٣	٢٩٠	١٣٨٠	–	١٦٧٠
٩	الدهانات الداخلية	متر مربع	٥٥٢	٦٠٠٠	٣٩٩٠	–	٩٩٩٠
١٠	الدهانات الخارجية	متر مربع	٥٣٢	٥٠٠٠	٤٨٣٠	–	٩٨٣٠
١١	دهانات الأسقف	متر مربع	١٠٣	٢٠٠٠	١٦٢٠	–	٣٦٢٠
١٢	أعمال الأرضيات	متر مربع	٣٤٠	٧٣٠٠	٧١١٠	–	١٤٤١٠
١٣	أعمال الكهرباء	مقطوعية	مقطوعية	–	–	١٩٢٢٠	١٩٢٢٠
١٤	أعمال النجارة	مقطوعية	مقطوعية	–	–	٢١٠٦٠	٢١٠٦٠
١٥	أعمال الصحي	مقطوعية	مقطوعية	–	–	٢٢٦٧٠	٢٢٦٧٠

ثالثا: يقوم صاحب القرار بتقدير التكلفة غير المباشرة (نسبة الربح+الضرائب والتأمينات+المخاطر+الضمان+تكلفة الإدارة) وبفرض أن هذه

النسبة كانت ٢٠% فيتم زيادة تكلفة كل بند بمقدار ٢٠% فنحصل علي ثمن البند. أو التكلفة الكلية للبند وبقسمة هذه التكلفة علي كمية العمل يتم الحصول علي ثمن البند وهو موضح في الجدول التالي وهو جدول دخول العطاء.

رقم البند	اسم البند	وحدة القياس	الكمية	ثمن البند	ثمن الوحدة
١	حفر تربة عادية	متر مكعب	٥٢	١٧٦٤	٣٤
٢	الخرسانة العادية	متر مكعب	١٤	٣٤٤٤	٢٤٦
٣	الخرسانة المسلحة	متر مكعب	٨٢	٤٠٩٣٠	٥٠٠
٤	أعمال المباني الخارجية	متر مكعب	٣٢	١٢٨٠٤	٤٠٠
٥	أعمال المباني الداخلية	متر مربع	٣٨٢	٣٩٤٦٩	١٠٣
٦	أعمال لياسة داخلية	متر مربع	٥٥٢	٥٨٤٤	١٠,٦
٧	أعمال لياسة خارجية	متر مربع	٥٣٢	٦٦٤٨	١٢,٥
٨	أعمال لياسة أسقف	متر مربع	١٠٣	٢٠٠٤	١٩,٥
٩	الدهانات الداخلية	متر مربع	٥٥٢	١١٩٨٨	١١,٧
١٠	الدهانات الخارجية	متر مربع	٥٣٢	١١٧٩٦	٢٢,١٧
١١	دهانات الأسقف	متر مربع	١٠٣	٤٣٤٤	٤٢,١٧
١٢	أعمال الأرضيات	متر مربع	٣٤٠	١٧٢٩٢	٥٠,٨٦
١٣	أعمال الكهرباء	مقطوعية	مقطوعية	٢٣٠٦٤	–
١٤	أعمال النجارة	مقطوعية	مقطوعية	٢٥٢٧٢	–
١٥	أعمال الصحي	مقطوعية	مقطوعية	٢٧٢٠٤	–

التكلفة الكلية للمشروع = ٢٣٣٨٦٧ جنيها.

أما الملامح والسمات الرئيسة التي يتميز بها عقد ثمن الوحدة فهي كما يلي:

١ – يمكن استخدام هذا النوع من العقود حتى في حالة عدم اكتمال التصميمات علي خلاف عقد الثمن الكلي.

٢ – يُسمح للمالك بإحداث بعض التغييرات في بعض البنود بالزيادة أو بالنقص أثناء مرحلة التنفيذ.

٣ – مشاركة كل من المالك والمقاول في تحمل المخاطر التي قد يتعرض لها المشروع أثناء أعمال التنفيذ.

٤ – التكلفة النهائية للمشروع غير محددة ، ولا يمكن معرفتها قبل الانتهاء تماما من أعمال التنفيذ ، حيث يتم الحساب المادي بين المالك والمقاول علي أساس ثمن الوحدة وأن كمية العمل قابلة للتغيير ، وليس علي أساس ثمن المشروع كما هو متبع في عقد الثمن الكلي .

٢-٥-٢ عقود التكلفة Cost Contracts

٢- ٥- ٢-١ عقد التكلفة زائد نسبة أو عقد استرداد المصروفات

Cost Plus Contract Or Cost-Reimbursable Contract

وفي هذا النوع من العقود يتم الاتفاق بين المالك والمقاول علي أساس قيام المقاول بالعمل المطلوب ، نظير استرداد أي مصروفات يقوم بإنفاقها بالإضافة إلي نسبة للمقاول نظير الإدارة والربح ، وقد يستبدل بهذه النسبة مبلغ ثابت ، أو قد يتم الجمع بينهما ، بمعني حصول المقاول علي مبلغ ثابت متفق عليه بالإضافة إلي نسبة من المصروفات ، ويُفَضّل استخدام هذا النوع من العقود في الحالات التالية:

١ – في حالة المشروعات القابلة لتغيير كميات العمل بها أثناء التنفيذ ، أي أن حجم العمل في المشروع غير محدد تماما حاليا ، ويرغب المالك في بدء التنفيذ ، توفيرا للوقت.

٢ – في حالة المشروعات التي تتطلب البدء في أعمال التنفيذ بأسرع ما يمكن دون انتظار للدراسات والتصميمات ، مثل: أعمال الصيانة ، أو استكمال أعمال توقفت لأي سبب من الأسباب ويراد البدء في استكمالها بأسرع وقت.

٣ – في حالة رغبة المالك المشاركة في إدارة المشروع ومراقبته بنفسه ، حيث إن قيامه بدفع المصروفات المباشرة سيوفر له فرصة الاطلاع على كافة الحسابات ومعدلات العمل ونظام الصرف.

ومما يجب التنبيه عليه في هذا المجال : وجوب تحديد نوعية المصروفات التي يستحق عليها المقاول نسبة مصروفات ، بمعني هل يتم دفع نسبة واحدة للمقاول نظير أي مصروفات ؟ وهل هذه النسبة واحدة لجميع البنود أم أنها تختلف من بند إلي آخر ؟ وذلك لتجنب أي خلافات قد تنجم بين المالك والمقاول أثناء مرحلة التنفيذ ، فقد تختلف هذه النسبة من بند إلي آخر، طبقا لجهد المقاول في البند ، وقد تختلف تبعا لنوع المصروفات ، بمعني اختلاف نسبة مصروفات المواد عن نسبة مصروفات العمالة عنها في المعدات ، وهكذا.

ومن أهم مميزات هذا النوع من العقود ما يلي:

١ – سرعة البدء في أعمال التنفيذ حتى قبل الانتهاء من أعمال التصميمات ، حيث إن تقدير التكلفة لا يتوقف عليه التعاقد.

٢ – مشاركة المالك في إدارة المشروع ومتابعته ، حيث يتمكن من الاطلاع علي المصروفات ، ويكون علي دراية تامة بنسبة المبالغ التي تعطي للمقاول.

٣ – إعطاء المالك مرونة عالية في إحداث أي تغيرات في بنود المشروع أو متطلباته.

أما عيوب هذا النوع من العقود فمنها ما يلي:

١ – غياب أي حافز للمقاول لرفع كفاءة العمل ، وبالتالي التوفير في المصروفات ، بل ربما حدث عكس ذلك ، حيث إن من صالح المقاول زيادة المصروفات ، لأن ذلك يزيد من المبالغ التي يأخذها.

٢ – صعوبة تحديد تكلفة المشروع إلا بعد الانتهاء التام من التنفيذ.

٣ – عدم تحمل المقاول لأي مخاطر قد يتعرض لها المشروع أثناء التنفيذ مما يزيد من مسئوليات المالك في المتابعة الدائمة للمشروع.

٢-٥-٢-٢ عقد التكلفة المستهدفة Target Cost Contract

في هذا النوع من العقود يتم الاتفاق بين المالك والمقاول علي أساس قيام المقاول بتنفيذ المشروع ومسئولية المالك عن المصروفات ، بالإضافة إلي نسبة من هذه المصروفات تدفع للمقاول نظير عمله وإدارته للتنفيذ ، وإلي هذا الحد فهو يشبه تماما العقد السابق (عقد التكلفة زائد نسبة) ولكن في عقد التكلفة المستهدفة يضاف شرط أساسي للعقد وهو مشاركة المقاول في تحمل جزء من أي مصروفات تزيد عن التكلفة النهائية للمشروع ، والتي يطلق عليها التكلفة المستهدفة.

وبمعني آخر وقبل البدء في التنفيذ يتم تقدير التكلفة الكلية للمشروع والاتفاق عليها ، وتسمي التكلفة المستهدفة (Target Cost) ثم يتم التعاقد بطريقة التكلفة زائد نسبة للمقاول ، ولكن بشرط أن التكلفة النهائية للمشروع لا تزيد عن التكلفة المستهدفة ، وإذا زادت فإن المقاول يشارك في تحمل جزء منها يتم الاتفاق عليه أيضا. وبالتالي يعتبر هذا النوع من العقود قد أشرك المقاول في تحمل المسئولية نحو أي زيادة في التكلفة ، بالإضافة إلي توفير حافز له لتوفير في المصروفات ، لأن أي توفير في التكلفة عن التكلفة المستهدفة سوف يستفيد المقاول بجزء منها يتم الاتفاق عليه أيضا.

ويمكن أيضا تطوير هذا العقد ليشمل زمن المشروع ، بمعني إذا زاد زمن المشروع عن الزمن المستهدف فيتم خصم غرامة تأخير من مستحقات المقاول ، وكذلك إذا أنهي المقاول المشروع قبل موعده فيعطي له مقابل ذلك ما يسمي مكافئة توفير في الوقت. ويلاحظ أن مستحقات المقاول تنقص إذا زادت التكلفة عن التكلفة المستهدفة ، أو إذا زاد زمن المشروع عن الزمن المستهدف ، وبالعكس فإن مستحقات المقاول تزيد إذا أنهي المشروع قبل موعده أو بتكلفة أقل من التكلفة المستهدفة.مع ملاحظة أن هناك حدا أدني لمستحقات المقاول يجب أن يحدد ، حتى لا يضار المقاول إذا تعرض المشروع لمخاطر تؤدي إلي زيادة التكلفة بقيمة كبيرة خارجة عن قدرات المقاول.

والأمثلة التالية توضح فكرة هذا النوع من التعاقدات وتأثيرها علي كل من المالك والمقاول.

مثال (١)

في أحد مشروعات التشييد تم التعاقد بين المالك والمقاول علي أساس عقد التكلفة المستهدفة (Target Cost) وبيان التعاقد كما يلي:

- التكلفة المستهدفة = ٥٠٠٠٠٠ جنيه.
- أجر المقاول = ٥٠٠٠٠ جنيه.
- أي زيادة عن التكلفة المستهدفة يتحمل المقاول ٥٠% منها.
- أي توفير في التكلفة عن التكلفة المستهدفة يأخذ المقاول نصفها.

المطلوب دراسة تأثير كل من الحالات التالية علي كل من المالك والمقاول

أ- إذا تم تنفيذ المشروع بتكلفة ٥٠٠٠٠٠ جنيه.

ب- إذا تم تنفيذ المشروع بتكلفة ٥٥٠٠٠٠ جنيه.

جـ- إذا تم تنفيذ المشروع بتكلفة ٤٥٠٠٠٠ جنيه.

لدراسة تأثير هذه الحالات علي كل من المالك والمقاول يستعان بالجدول التالي:

الحالة	التكلفة	تأثير كل حالة علي المالك			تأثير كل حالة علي المقاول	
		المصروفات	مستحقات المقاول	المصروفات الكلية للمالك	دخل المقاول	نسبة الربح
أ	٥٠٠٠٠٠	٥٠٠٠٠٠	٥٠٠٠٠	٥٥٠٠٠٠	٥٠٠٠٠	%١٠
ب	٥٥٠٠٠٠	٥٥٠٠٠٠	٢٥٠٠٠	٥٧٥٠٠٠	٢٥٠٠٠	%٤,٥
جـ	٤٥٠٠٠٠	٤٥٠٠٠٠	٧٥٠٠٠	٥٢٥٠٠٠	٧٥٠٠٠	%١٦,٥

يلاحظ من المثال السابق الفرق الكبير بين نسبة دخل المقاول في الحالتين ب & جـ وهذا مما يوضح الحافز الكبير لدي المقاول لتقليل المصروفات

- أجر المقاول في الحالة (أ) لم يطرأ عليه أي تغيير لأنه حقق التكلفة المستهدفة (٥٠٠٠٠٠) جنيه.
- أجر المقاول في الحالة (ب) نقص بمقدار نصف الزيادة عن التكلفة المستهدفة فأصبح = ٥٠٠٠٠ –٢٥٠٠٠ = ٢٥٠٠٠ جنيه (الزيادة ٥٠٠٠٠).
- أجر المقاول في الحالة (جـ) زاد بمقدار نصف التوفير عن التكلفة المستهدفة فأصبح = ٥٠٠٠٠ +٢٥٠٠٠ = ٧٥٠٠٠ جنيه (التوفير ٥٠٠٠٠).

مثال (٢)

في أحد مشروعات التشييد تم التعاقد بين المالك والمقاول بأسلوب عقد التكلفة المستهدفة مع تحديد زمن مستهدف وغرامة تأخير ومكافئة تقدم عمل وذلك بالشروط التالية:

– التكلفة المحددة والمستهدفة للمشروع كانت = ٤٠٠٠٠٠ جنيه.

- الزمن المحدد والمستهدف للمشروع كان = ٣٦ شهرا.
- أجر المقاول في حالة إنهاء المشروع في زمنه المستهدف وبالتكلفة المستهدفة = ٣٢٠٠٠٠ جنيه.
- غرامة التأخير التي يتحملها المقاول في حالة تأخر المشروع = ٢٠٠٠٠ جنيه عن كل شهر.
- مكافئة تقدم العمل التي يستفيد بها المقاول في حالة إنهاء المشروع قبل موعده = ٢٠٠٠٠ جنيه عن كل شهر.
- أي زيادة في تكلفة المشروع عن التكلفة المستهدفة يتحمل المقاول ٥٠% منها.
- أي توفير في تكلفة المشروع عن التكلفة المستهدفة يستفيد المقاول ٥٠% منه.

المطلوب دراسة تأثير الحالات التالية علي كل من المالك والمقاول :

١ - إذا انتهي المشروع في موعده (٣٦ شهرا) وبالتكلفة المستهدفة ٤٠٠٠٠٠ جنيه.

٢ - إذا انتهي المشروع في موعده (٣٦ شهرا) وبتكلفة مقدارها ٤٢٤٠٠٠ جنيه.

٣ - إذا انتهي المشروع في زمن (٣٨ شهرا) وبتكلفة مقدارها ٤٢٤٠٠٠ جنيه.

٤ - إذا انتهي المشروع في زمن (٣٤ شهرا) وبتكلفة مقدارها ٤٢٤٠٠٠ جنيه.

٥ - إذا انتهي المشروع في زمن (٣٤ شهرا) وبتكلفة مقدارها ٤٠٠٠٠٠ جنيه.

٦ – إذا انتهي المشروع في زمن (٣٤ شـــهرا) وبتكلفـــة مقدارهـــا ٣٨٠٠٠٠٠ جنيه.

لدراسة تأثير هذه الحالات علي كل من المالك والمقاول يفضـــل الاســـتعانة بالجدول التالي:

م	الحالة		تأثير الحالات علي المالك			تأثير الحالات علي المقاول	
	الزمن	التكلفة	المصروفات	أجر المقاول	التكلفة الكلية	الأجر	النسبة
١	٣٦ شهرا	٤٠٠٠٠٠٠	٤٠٠٠٠٠٠	٣٢٠٠٠٠	٤٣٢٠٠٠٠	٣٢٠٠٠٠	%٨
٢	٣٦ شهرا	٤٢٤٠٠٠٠	٤٢٤٠٠٠٠	١٢٠٠٠٠-٣٢٠٠٠٠ =٢٠٠٠٠٠	٤٤٤٠٠٠٠	٢٠٠٠٠٠	%٤,٧
٣	٣٨ شهرا	٤٢٤٠٠٠٠	٤٢٤٠٠٠٠	١٦٠٠٠٠-٣٢٠٠٠٠ =١٦٠٠٠٠	٤٤٠٠٠٠٠	١٦٠٠٠٠	%٣,٧
٤	٣٤ شهرا	٤٢٤٠٠٠٠	٤٢٤٠٠٠٠	٨٠٠٠٠-٣٢٠٠٠٠ =٢٤٠٠٠٠	٤٤٨٠٠٠٠	٢٤٠٠٠٠	%٥,٧
٥	٣٤ شهرا	٤٠٠٠٠٠٠	٤٠٠٠٠٠٠	٤٠٠٠٠+٣٢٠٠٠٠ =٣٦٠٠٠٠	٤٣٦٠٠٠٠	٣٦٠٠٠٠	%٩
٦	٣٤ شهرا	٣٨٠٠٠٠٠	٣٨٠٠٠٠٠	١٤٠٠٠٠ +٣٢٠٠٠٠ =٤٦٠٠٠٠	٤٢٦٠٠٠٠	٤٦٠٠٠٠	%١٢

ملاحظات:

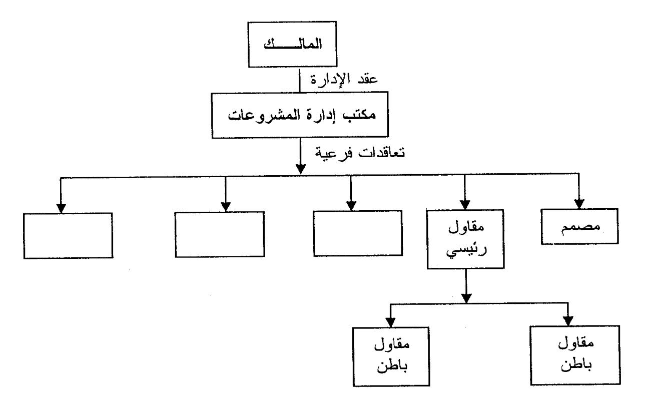
- في الحالة رقم (١) لم يطرأ أي تغيير علي دخل المقاول حيث انتهي المشـــروع في زمنه المحدد وبالتكلفة المستهدفة.
- في الحالة رقم (٢) تم حسم مبلغ ١٢٠٠٠٠ جنيه من مســـتحقات المقـــاول وهي ٥٠% من الزيادة عن التكلفة المستهدفة.

- في الحالة رقم (٣) تم حسم مبلغ ١٦٠٠٠٠ جنيه من مستحقات المقاول وهي ٥٠% من الزيادة عن التكلفة المستهدفة بالإضافة إلي غرامة تأخير ٤٠٠٠٠ جنيه.
- في الحالة رقم (٤) تم حسم مبلغ ١٢٠٠٠٠ جنيه من مستحقات المقاول وهي ٥٠% من الزيادة عن التكلفة المستهدفة وإضافة مبلغ ٤٠٠٠٠ مكافئة تقدم عمل.
- في الحالة رقم (٥) تم زيادة أجر المقاول بمبلغ ٤٠٠٠٠ جنيه حيث إن المشروع قد انتهي قبل موعده بشهرين.
- في الحالة رقم (٦) تم زيادة أجر المقاول بمبلغ ٤٠٠٠٠ جنيه حيث إن المشروع قد انتهي قبل موعده بشهرين وكذلك مبلغ ١٠٠٠٠٠ وهو ٥٠% من التوفير.
- يلاحظ أن أكبر نسبة ربح للمقاول (١٢%) في الحالة السادسة بسبب إنهاء المشروع قبل الموعد المحدد وبتكلفة أقل من التكلفة المستهدفة وبالعكس تماما فإن أقل نسبة ربح (٣,٧%) في الحالة الثالثة ، بسبب تأخر المشروع عن الموعد المحدد ، بالإضافة إلي زيادة التكلفة عن التكلفة المستهدفة ، مما يوضح الحافز الكبير الذي يوفره هذا النوع من التعاقدات للمقاول لتوفير الوقت وتوفير التكلفة.

٢- ٥- ٣ عقد الإدارة Management Contract

يتم هذا النوع من التعاقدات بين المالك كطرف أول وبين مكتب متخصص في إدارة المشروع كطرف ثان ، علي أساس أن يقوم هذا المكتب بإدارة المشروع في جميع مراحله (دراسة الجدوى-التصميم-التعاقد-التنفيذ-التسليم) أو في بعض هذه المراحل فقط ، وذلك يتوقف علي إمكانيات المالك وطبيعة المشروع ، فقد يقوم الطرف الثاني مثلا بإدارة مرحلة التصميم والتنفيذ أو أحدهما ، وقد يشارك في

مرحلة دراسة الجدوى والإشراف علي مرحلة العطاءات مثلا . ويتميز هذا النـــوع من التعاقدات بقيام الطرف الثاني (إدارة المشروع) ونيابة عن المالك بالتعاقد مـــع المقاول الرئيسي ومقاولي الباطن والموردين والتعامل معهم نيابة عن المالك ، ومن خلال خبرته العالية في إدارة مشروعات التشييد يمكن تحقيق نتائج ممتـــازة مـــن ناحية الجودة وزمن التنفيذ وتكلفة المشروع التي تقل كثيرا نتيجة المستوي العـــالي من الإدارة والشكل التفصيلي التالي يوضح طبيعة هذا النوع من التعاقدات:



ويلاحظ أن الطرف الثاني لا يقوم بعمليات التنفيذ بنفسه ، ولكن فقـــط يقـــوم بالإدارة والإشراف ، واختيار المقاولين ومتابعتهم ، ومراقبة المشروع والتحكم فيه وتحمل المسئولية كاملة . ومن المميزات أيضا وبخاصة إذا كان التعاقد علي أساس إدارة المشروع إدارة كاملة من دراسة الجدوى حتي التسليم : الاستفادة من خبـــرة الإدارة في ربط مرحلتي التصميم مع التنفيذ ، مما يضيف إلـــي أفكـــار المـــصمم خبرات الإدارة في اختيار بدائل التصميم المناسبة للمشروع ، مما يجنب المـــشروع

كثيرا من المشاكل التي تظهر أثناء التنفيذ ، بسبب جهل المصمم في بعض الأحيان بأساليب التنفيذ التي ستستخدم في المشروع الذي يقوم بتصميمه.

هذا بالإضافة إلي المعايشة الكاملة للمشروع من بدايته إلي نهايتـه ، ممـا ييسر التغلب علي أي مشاكل يتعرض لها المشروع ، من حسن اختيار الإمكانـات اللازمة ، وسرعة أخذ القرارات ، والمشاركة في التخطيط الزمنـي للمـشروع ، والإشراف علي مقاولي الباطن . ومما يحسن الإشارة إليه في هـذا النـوع مـن التعاقدات أن استيعاب أفكار المالك من قبل الإدارة مع الدراية الكاملـة بإمكانيـات المقاول وحسن اختياره يجنب المشروع كثيرا من مشاكل التنفيذ ، التي عـادة مـا تنتج عن سوء التفاهم بين رغبات المالك وإمكانيات المقاول لتنفيذ هذه الرغبـات . ويقوم أيضا مدير المشروع بربط القائمين علي العمـل مـن فنيـين ومهندسـين ومقاولين مع الموردين والعمل علي حل أي مشاكل بينهم.

الباب الثالث

أساليب التخطيط في
مشروعات التشييد

Construction Project
Planning Techniques

٣-١ : مقدمة Introduction

المقصود بتخطيط مشروعات التشييد هو وضع خطة عمل لتنفيذ المشروع وتشمل هذه الخطة تحديد البنود (الأنشطة) المختلفة للمشروع، وكيفية تنفيذ هذه الأنشطة وعلاقتها مع بعضها البعض ومن المسئول عن كل منها ومتي يتم كل ذلك والموارد التي يحتاجها كل منها من مواد وعمالة ومعدات ومقاولي باطن وأموال. في هذه المرحلة يتم تحديد العوائق أو المشاكل أو العقبات التي قد يتعرض لها المشروع أو أحد الأنشطة (Risk Identification) ومن ثم تحليل أسباب هذه العقبات (Risk Analysis)، وكيفية التغلب عليها في حالة حدوثها (Risk Management) سواء بمنعها أو تحجيم أثرها أو تحديد الجهة التي سوف تتحمل عواقب هذه المشاكل في حالة حدوثها (Risk Allocation) Or (Risk Response) وتشمل أيضا هذه المرحلة تحديد البدائل المختلفة للتنفيذ واختيار أفضل هذه البدائل من الناحية الفنية والمالية ولذلك يحتاج المخطط إلي دراية عالية ومعرفة جيدة بأساليب التنفيذ المختلفة لمثل نوع المشروع تحت الدراسة وقد يستعان ببعض أهل الخبرة من مسئولي التنفيذ والعاملين في المواقع ذوى الخبرة العالية وتكمن أهمية التخطيط في مشروعات التشييد فيما يلي :-

١ - تخطيط المشروعات يزيد من احتمالية نجاح المشروع وإنهائه في موعده المحدد.

٢ - تخطيط المشروعات يحقق الاتزان بين الموارد والاحتياجات.

٣ - تخطيط المشروعات يساعد علي سهولة الاتصال بين القائمين علي المشروع.

٤ - التخطيط يحدد دور كل فرد في المشروع وعلاقته ببقية العاملين فيه.

٥ - التخطيط يساعد في التنبؤ بأي مشاكل مستقبلية قد يتعرض لها المشروع وتحديد توابعها وكيفية التعامل معها.

٦ - التخطيط يساعد علي متابعة المشروع وإدارته والتحكم فيه.

وتخطيط مشروعات التشييد يتم عادة من خلال اتباع المراحل التالية:

أ – اختيار الأسلوب الأمثل لتنفيذ المشروع من الناحية الفنية والتكلفة المادية.

ب– تقسيم المشروع إلي عدد من البنود (الأنشطة) يعتمد هذا العدد علي الدقة المطلوبة وأهمية كل بند وخصائصه.

جـ– تحديد علاقة كل بند بالبنود الأخرى (السابقة–التابعة–المتوازية) ويعتمد ذلك علي طبيعة كل بند ومدى توافر الموارد اللازمة (عمالة–مواد–معدات–أموال).

د – توزيع الموارد علي الأنشطة ويعتمد ذلك علي مدى توافر الموارد و الزمن المتاح لتنفيذ كل بند.

هـ – تحديد الزمن اللازم لكل بند حيث يعتمد ذلك علي حجم العمل والإنتاجية التي تعتمد بدورها علي حجم العمالة وعدد الأطقم العاملة في هذا البند. ويمكن للسهولة استخدام العلاقة التالية لحساب زمن البند:

زمن البند = حجم العمل ÷ الإنتاجية

و – باستخدام العلاقات بين الأنشطة التي تم تحديدها في الخطوة ج وباستخدام أحد أساليب التخطيط التي سيتم شرحها لاحقا في هذا الباب يتم رسم الأنشطة في صورة تخطيطية سهلة الاستيعاب والفهم والمتابعة.

ز– يتم حساب زمن المشروع بعد تحديد بداية ونهاية كل نشاط، وفترات السماح لكل منها، والأنشطة الحرجة مع أخذ فترات التداخل بين الأنشطة في الاعتبار.

وسيتم تناول كل هذه الخطوات بالتفصيل من خلال دراسة أساليب التخطيط المختلفة في هذا الباب إن شاء الله تعالي.

ويلاحظ مما سبق في هذه المقدمة أن عملية تخطيط مشروعات التشــييد قــد يقوم بها فرد واحد أو مجموعة من الأفراد وذلك طبقا لحجم المشـــروع وطبيعتــه. فكلما زاد حجم المشروع وتعقدت طبيعتـــه أصبــح الاحتيــاج أكــبر لعــدد مــن المتخصصين في تخطيط المشروعات. ويمكن الاعتماد علي القدرات البشرية فــي أعمال التخطيط حتى حد معين من المشروعات البسيطة. وبعــد ذلــك لابــد مــن استخدام الحاسب الآلي في هذا المجال وخاصة بعد الانتشار الكبــير لاســتخدامات الحاسبات الآلية في كل المجالات وانتشار برامج التخطيط التي تتنوع وتتباين مــن حيث كفاءتها وسهولة استخدامها.

٣-٢ أساليب التخطيط في مشروعات التشييد:

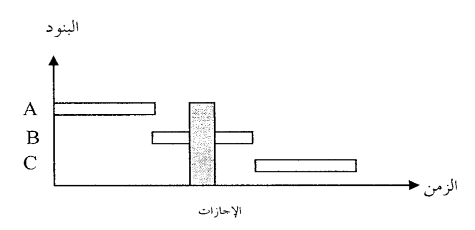
Planning Techniques In The Construction Projects

تذكر المراجع المختلفة أن التفكير في تطوير أســاليب التخطيــط لتناســب مشروعات التشييد بدأ مع مطلع عام ١٩٠٠م وذلك بتقسيم المشروع إلي عدد مــن الأنشطة وتحديد زمن كل نشاط وعلاقة كل منها ببقية الأنشــطة ثــم تمثيــل هــذه الأنشطة في صورة مستطيلات داخل محور أفقي يمثل الزمن ومحور رأسي يمثــل الأنشطة. وذلك الذي عرف بعد ذلك بطريقة الجدول البياني (Bar Chart). وهــي من أبسط طرق التخطيط وأقدمها والتي تم تطويرها بعد ذلك واستنتاج طريقة خــط الاتزان (Line Of Balance) LOB وبين هاتين الطريقتين ظهرت طريقة التخطيــط الشبكي (Network Technique) والتي تطور منــها طريقتــي المســار الحــرج CPM (Critical Path Method) وطريقــة بــرت (Project Evaluation Review Technique) PERT وسوف يتم تناول كل من هذه الطرق بشيء من التفصيل فيمــا يلي:

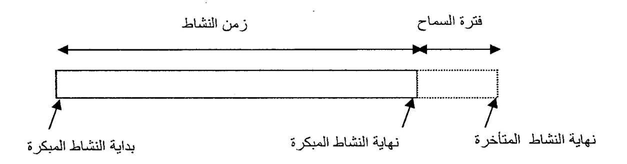
٣-٢-١ : طريقة الجدول البياني: (Gantt Chart) OR (Bar Chart).

وفي هذه الطريقة من طرق التخطيط يتم توقيــع الأنشــطة علــي المحــور الرأسي والزمن علي المحور الأفقي ويتم تمثيل الأنشطة في صــورة مســتطيلات

(Bars) بحيث يمثل طول المستطيل زمن البند أو النشاط كما هو مبين في شكل (٣-١) والذي يمثل جزءا من مشروع يتكون من ثلاثة بنود متتالية؛ يعتمد فيها البند الثاني (B) علي البند الأول (A) ويعتمد البند الثالث (C) علي البند الثاني (B).



شكل (٣-١) تمثيل البنود بطريقة الجدول البياني (Bar chart)



وتعتبر هذه الطريقة من أبسط طرق تخطيط مشروعات التشييد حيث يمكن لمسئولي أطقم العمل من استيعابها والعمل بموجبها وذلك لسهولة البيانات والعلاقات الموضحة فيها بين الأنشطة. ومع ذلك فمن عيوب هذه الطريقة أنها لا تحدد العلاقة بين الأنشطة إلا في نطاق ضيق بين الأنشطة المتتالية فقط وبصفة عامة يمكن إجمال مميزات وعيوب هذه الطريقة فيما يلي:

المميزات

١ – سهولة التوقيع والاستيعاب.

٢ – سهولة الاستخدام في المتابعة ومراقبة المشروع علي فترات متتالية.

٣ – سهولة الاستخدام في تحديد التوزيع التكراري لاحتياجات المشروع من الموارد المختلفة علي مدار المشروع.

٤ – سهولة توضيح فترات الإجازات أو أعطال العمل علي الرسم.

٥ – تعتبر من أسهل وسائل الربط بين المسئولين عن المشروع من مهندسين وإداريين من جهة وبين الفنيين ومسئولي أطقم العمل من جهة أخرى.

٦ – يمكن تطوير هذه الطريقة لتشمل علاقة الأنشطة بالتكلفة داخل الإطار الكامل للمشروع فيما يطلق عليه (Diagonal Network Analysis).

٧ – يمكن استخدامَ لوحات متحركة لإدخال ودراسة أي تغير في بدايات الأنشطة ونهايتها مع تطور أعمال التنفيذ.

العيوب

١ – لا تصلح هذه الطريقة للمشروعات الكبيرة والمعقدة وذلك بسبب العلاقات البسيطة بين الأنشطة.

٢ – لا توضح كثيرا من العلاقات بين الأنشطة المختلفة.

٣ – لا توضح المسار الحرج.

٤ – قلة البيانات الموقعة علي الأنشطة مقارنة بالطرق الأخرى مثل طريقة المسار الحرج.

٥ – لا توضح فترات السماح علي الأنشطة.

والأمثلة التالية توضح هذه الطريقة بشيء من التفصيل:

مثال (١)

الجدول البياني التالي يوضح رسم تخطيطي لمشروع بسيط يتكون من ثمانيـة بنود، وهو عبارة عن استراحة تتكون من دور واحد. ويمكن استنتاج الملاحظـــات التالية من شكل (٣-٢).

١ – الزمن الكلي للمشروع هو عشرة أسابيع.

٢ – يتكون المشروع من ثمانية بنود.

٣ – هناك تداخل بين أعمال النجارة والحدادة وعمليات الحفر.

٤ – هناك تداخل بين أعمال المباني وعمليات صب الخرسانة.

٥ – هناك تداخل بين أعمال البياض وأعمال المباني.

٦ – أعمال النجارة وأعمال الحدادة تنتهي في نفس الوقت.

٧ – الأزمنة المناظرة لكل بند هي عبارة عن حجم العمل ÷ الإنتاجية.

٨ – يمكن استبدال الأزمنة المكتوبة أفقيا بالتواريخ المناظرة لها.

٩ – يمكن استبدال أسماء البنود برموز أو بعض الأحرف.

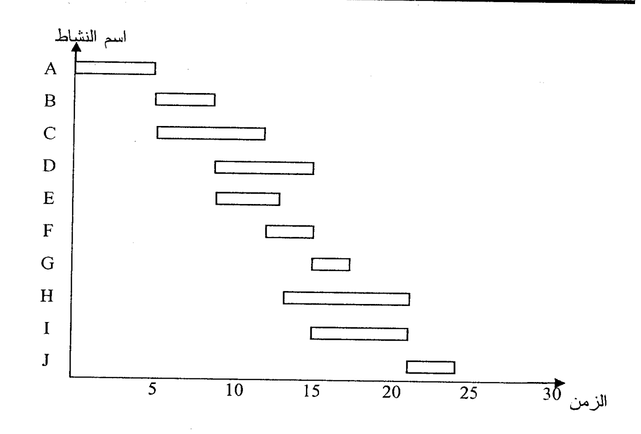
الزمن أسبوع / أسم البند	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	زمن البند أسبوع
تجهيز الموقع											1
عمليات الحفر											1.5
أعمال النجارة											1.5
أعمال الحدادة											1.5
صب الخرسانة											1
أعمال المباني											2
أعمال البياض											2
أعمال التشطيب											3

شكل (٣-٢) تمثيل البنود بطريقة الجدول البياني

مثال (٢)

الجدول التالي يمثل بنود أحد مشروعات التشييد البسيطة. والمطلوب تخطيط هذا المشروع بطريقة الجدول البياني.

علاقة البند بالبنود الأخرى (الاعتمادية)	زمن البند (أسبوع)	اسم البند (النشاط)
-	5	A
A	4	B
A	7	C
B	6	D
B	4	E
C	3	F
D	2	G
E	8	H
F	6	I
H	3	j

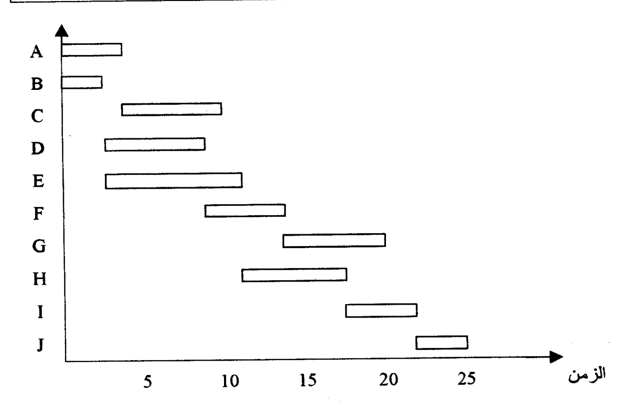


شكل (٣-٣) تمثيل بنود المشروع بطريقة الجدول البياني

مثال (٣)

الجدول التالي يمثل أحد مشــروعات التشييد البسيطة. والمطلوب تخطــيط هذا المشروع بطريقة الجــدول البيــاني (Bar Chart) وتحديــد زمــن المــشروع وموقف المشروع في نهاية الأسبوع الثامن.

اسم البند (النشاط)	زمن البند (أسبوع)	الاعتمادية (علاقة النشاط بالأنشطة الأخرى)
A	4	-
B	3	-
C	6	A
D	6	B
E	8	B
F	5	D
G	6	F
H	7	E
I	4	H
J	3	I



شكل(٣-٤) تمثيل البنود بطريقة الجدول البياني ويلاحظ أن الزمن الكلي للمشروع ٢٥ أسبوعاً

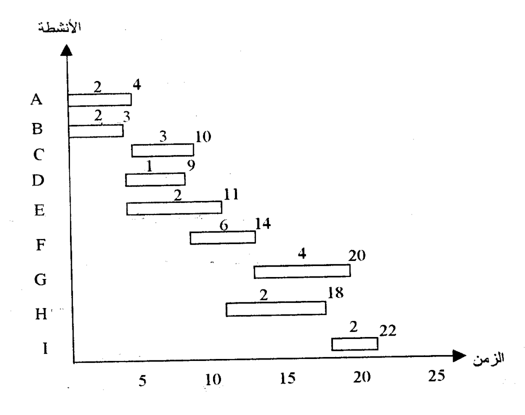
موقف المشروع في نهاية الأسبوع الثامن:

- يجب أن تكون الأنشطة A&B قد تم الانتهاء منها.
- الأنشطة F&G&H&I لم يبدأ العمل بها بعد.
- النشاط C يجب أن يكون قد تم الانتهاء من ثلثي العمل به.
- النشاط D يجب أن يكون قد تم الانتهاء ٨٣% من حجم العمل ٦/٥.
- النشاط E يجب أن يكون قد تم الانتهاء ٦٢.٥% حجم العمل ٨/٥.

مثال (٤)

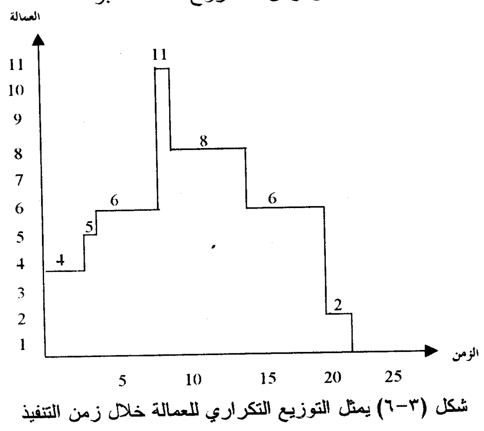
الجدول التالي يمثل بنود أحد مشروعات التشييد. والمطلوب تخطيـــط هـذا المشروع بطريقة الجدول البياني، وتحديد الزمن الكلي للمشروع، وتوزيع احتيـــاج المشروع من العمالة، ورسم هذا التوزيع بطريقة التوزيع التكراري.

اسم البند	زمن البند (أسبوع)	الاعتمادية	احتياج النشاط من العمالة
A	4	-	2
B	3	-	2
C	6	A	3
D	6	B	1
E	8	B	2
F	5	D	6
G	6	F	4
H	7	E	2
I	4	H	2



شكل (٣-٥) تمثيل البنود بطريقة الجدول البياني

ويلاحظ أن زمن المشروع = ٢٢ أسبوعا



شكل (٣-٦) يمثل التوزيع التكراري للعمالة خلال زمن التنفيذ

-استخدام التخطيط بطريقة الجدول البياني في إيجاد التوزيع التكراري لاستخدام الموارد وحساب كفاءة الاستخدام (Efficiency Of Usage)

والمقصود بالموارد هنا هي جميع المتطلبات اللازمة لتنفيذ المشروع من عمالة بجميع أنواعها ومواد بجميع أنواعها ومعدات بجميع أنواعها أيضا، وحتى الأموال اللازمة لتنفيذ المشروع تدخل ضمن كلمة موارد في هذا المجال.

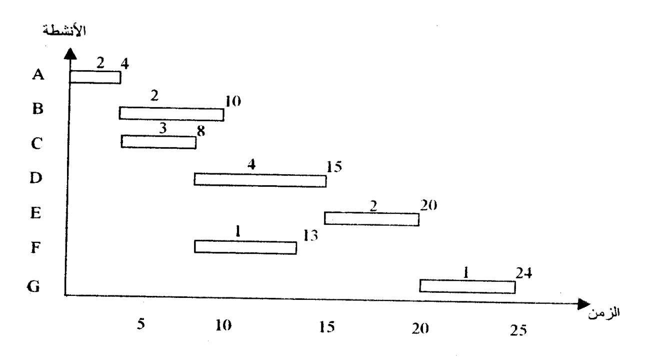
ومن مميزات التخطيط بطريقة الجدول البياني (Bar Chart) أنه يستخدم بسهولة في استنتاج ورسم التوزيع التكراري لاستخدام الموارد على مدار زمن المشروع. وذلك بتحديد احتياج كل نشاط من المورد المراد رسم التوزيع التكراري له. ثم كتابة هذا الاحتياج أعلى المستطيل الممثل للنشاط ثم رسم التوزيع التكراري أسفل الجدول البياني وأما بالنسبة لحساب كفاءة استخدام هذا المورد فالمقصود به هو نسبة المستخدم فعلا من المورد إلي المتوفر من هذا المورد أو بمعني أخر هي النسبة المئوية للطاقة المستخدمة خلال فترة المشروع من هذا المورد إلى الطاقة الكلية المتوفرة من نفس المورد ويمكن التعبير عنها بالمعادلة التالية:

كفاءة استخدام المورد = (الطاقة المستخدمة ÷ الطاقة الكلية المتوفرة)×١٠٠

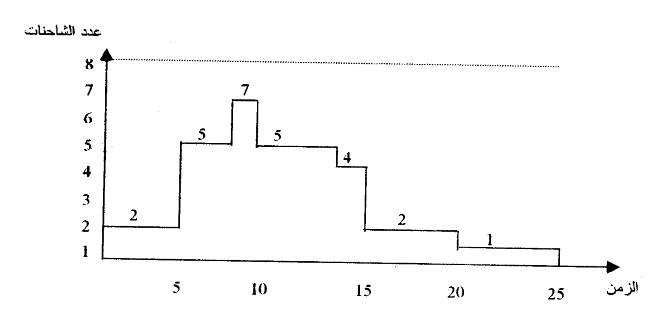
ويمكن إيضاح ذلك من المثال التالي:

الجدول التالي مبين به الأنشطة المختلفة لأحد مشروعات التشييد، ومبين نظير كل نشاط علاقته بالأنشطة الأخرى، وزمن النشاط واحتياجه من أحد المعدات ولتكن الشاحنات مثلا والمطلوب تخطيط المشروع بطريقة الجدول البياني، ورسم التوزيع التكراري لاستخدام هذه المعدة، وحساب كفاءة الاستخدام وذلك إذا علم أن العدد الكلي المتوافر في الموقع من هذه الشاحنات طوال فترة المشروع هو ٨ شاحنات.

اسم النشاط	زمن النشاط (أسبوع)	الاعتمادية	احتياج البند من الشاحنات
A	٤	–	٢
B	٦	A	٢
C	٤	A	٣
D	٧	C	٤
E	٥	D	٢
F	٥	C	١
G	٤	E	١



شكل (٣-٧) تمثيل البنود بطريقة الجدول البياني ويلاحظ أن زمن المشروع ٢٤ أسبوعاً



شكل (٣-٨) التوزيع التكراري لاستخدام الشاحنات خلال زمن التنفيذ

يلاحظ من المثال السابق ما يلي:

أن الموقع يتوافر به عدد ثماني شاحنات طوال فترة تنفيذ المشـــروع وهــذا يعني أن الطاقة الكلية المتواجدة بالموقع من الشاحنات هـــي ٢٤ (أســبوع) × ٨ = ١٩٢ شاحنة أسبوع بينما الطاقة المستخدمة فعلا فهي كمـــا يتضـــح مـــن التوزيـــع التكراري مجموع مساحات المستطيلات المظللة والتي تساوي ٧٩ شاحنة أســـبوع؛ مما يعني أن كفاءة استخدام الشاحنات = (١٩٢/٧٩) ×١٠٠ =٤١%.

وهذه الكفاءة تعطي فكرة لمدير المشروع عن مدي الاستفادة من هذا النـــوع من الموارد ويمكن ببساطة استنتاج أن هناك ٥٩% من طاقة الشـــاحنات لا يســـتفاد بها، وهذا لا يعني المطالبة بالاستفادة واستخدام جميع الموارد بكفـــاءة ١٠٠% لأن ذلك غير ممكن وغير عملي وخاصة في مشروعات التشييد. ولكن يلاحظ أن رفـــع كفاءة استخدام الموارد وخاصة الموارد الغالية الأثمان والمرتفعة التكـــاليف يـــؤدي إلي تقليل التكلفة الكلية للمشروع وخاصة مع التطور السريع في تقنيـــات صناعـــة التشييد وابتكار معدات ومواد حديثة ذو تكلفة عالية فإذا وجد بالموقع مثلا عـــــدد ٢ حفار لفترة زمنية مقدارها ٥٠ أسبوعا عمل، وكانت تكلفة الحفـــار الواحـــد ١٠٠٠ جنيه يوميا معني ذلك وباعتبار الكفاءة السابقة (٤١%) أن المشـــروع يفقـــد يوميـــا مبلغ = ٢(حفار) × ١٠٠٠ × ٥٩% = ١١٨٠ جنيها يوميا.

أي خلال زمن المشروع (شهرين) يكـــون الفـــاقد بســـبب الكفـــاءة الســـيئة لاستخدام هذه المعـــدة = ٥٠ (يوم عمل) × ١١٨٠ = ٥٩٠٠٠ جنيه.

وهذا مورد واحد ولفترة بسيطة. وذلك يوضح أهمية دراسة كفاءة اســـتخدام الموارد خلال فترات المشروعات. وهناك كثير من الأساليب يمكن استخدامها لرفـــع كفاءة الاستفادة من الموارد كل حسب نوعه .

٣-٢-٢: التخطيط الشبكي Network Techniques

بدأ استخدام التخطيط الشبكي مع مطلع عام ١٩٥٠م في مجال صناعة التشييد. ومنذ ذلك التاريخ ومازال التطوير مستمرا في تخطيط مشروعات التشييد بهذا الأسلوب من خلال طريقتي المسار الحرج (Critical Path Method) وبيرت (Pert). ونظرا للمزايا العديدة التي تتوفر في التخطيط الشبكي وخاصة إمكانية استخدامه في تخطيط المشروعات الكبيرة وذات الطبيعة المعقدة والتي تحتوى على كثير من الأنشطة المتداخلة. فإن معظم العاملين في مجال تخطيط مشروعات التشييد يفضلون استخدام هذه الطرق علي طريقة الجدول البياني، (Bar Chart) والتي سبق التعرض لها حيث تبين أنها لا تصلح إلا للمشروعات الصغيرة.

ومع التطور السريع في صناعة التشييد سواء من ناحية حجم المشروعات أو استحداث طرق جديدة وتقنية عالية في أساليب التنفيذ فقد أدى ذلك إلي رغبة المخططين في استخدام التخطيط الشبكي حيث أنه أكثر ملائمة في تخطيط المشروعات المعقدة والتي تحتوي علي علاقات متشابكة بين الأنشطة. وبصفة عامة فإن التخطيط الشبكي يحتوي علي طريقتين رئيسيتين للتخطيط وهما: طريقتي المسار الحرج (Critical Path Method)، وبيرت (Pert) Project Evaluation) Review Technique) وسوف يتم تناول كل من هاتين الطريقتين بالتفصيل فيما يلي:

٣-٢-٢-١ طريقة المسار الحرج

(C.P.M)CRITICAL PATH METHOD

وتعتبر هذه الطريقة من أشهر طرق التخطيط المستخدمة في مشروعات التشييد. وذلك نظرا لكثرة البيانات التي يمكن إيضاحها علي التخطيط الشبكي، وسهولة متابعة المشروع من خلال هذه الشبكة، ودراسة توابع أي تغير قد يطرأ علي ظروف أي من الأنشطة وأثر ذلك علي زمن وتكلفة المشروع. ومن أهم ما يميز طريقة المسار الحرج في تخطيط مشروعات التشييد هو استخدامها علي نطاق

كبير جدا مع معظم برامج الحاسب الآلي المصممة لإدارة وتخطيط المشــــروعات. ويمكن تلخيص أهم خطوات هذه الطريقة فيما يلي:

١ – يتم تقسيم المشروع إلي عدد من الأنشطة يتناسب مع الدقة المطلوبـــة وأهميـــة المشروع.

٢ – يتم تحديد علاقة الأنشطة مع بعضها البعض.

٣ – يتم حساب الزمن اللازم لإنجاز كل نشاط، وذلك بعد تحديد حجم العمـــل فـــي كل نشاط، وعدد أطقم العمل اللازم لإنجاز ذلك العمل. وبالتالي الزمن = حجـم العمل ÷ الإنتاجية.

٤ – يتم رسم الشبكة التخطيطية بناء علي علاقة الأنشطة مع بعضها البعض.

٥ – توقيع أي بيانات مهمة أو تواريخ علي الشبكة مثل تحديـــد مواعيـــد خاصـــة لبعض الأنشطة أو للمشروع ككل.

٦ – حساب الشبكة لتحديد زمن المشروع والبدايات والنهايات المبكرة والمتـــأخرة للأنشطة.

٧ – تحديد الأنشطة الحرجة والمسار الحرج (وهو الذي يمر بالأنشطة الحرجة).

٨ – تطوير الشبكة كلما استدعي الأمر وحسب سير العمل في مرحلة التنفيذ.

وسوف نتناول هذه الخطوات بشيء من التفصيل فيما يلي:

تقسيم المشروع إلي عدد من الأنشطة

Determination Of Project Activities

وتعتبر هذه الخطوة هي أول وأهم خطوات تخطيط المشروع حيث يـــترتب عليها كثيرا من الخطوات التالية. وبصفة عامة هناك بعض الأســـس التـــي يعتمـــد عليها المخطط في تحديد الأنشطة التي يتكون منها المشروع.فقد يعتمد المخطط فـــي

تحديد وتقسيم المشروع إلي عدة أنشطة علي طبيعة البنود فعلي سبيل المثال يمكن تقسيم المشروع إلي التقسيمات الثلاثة التالية:

١ - أنشطة احتياجات ومشتريات:

وهي تشمل كل ما يحتاجه المشروع من المواد المختلفة، وأسلوب التوريد إلي الموقع والتخزين، وكل ما يحتاجه من معدات وأسلوب نقلها إلي الموقع وتثبيتها وما تحتاجه من خدمات. وكذلك تشمل هذه الفئة جميع الأعمال المؤقتة والخدمات الجانبية، وكل ما يحتاجه المشروع خلاف أعمال التشييدات .

٢ - أنشطة التشييدات:

وهي تشمل جميع الأعمال الواجب القيام بها لتحويل الرسومات إلي واقع طبقا للمواصفات المذكورة في العقد وبالأبعاد والتصميمات المتعاقد عليها وكمثال لذلك أعمال الحفر-أعمال الخرسانة-أعمال البياض-أعمال التمديدات وهكذا.

ومن الواضح أن تحديد هذه الأنشطة يحتاج إلي خبرات جيدة في فهم الرسومات وأساليب التنفيذ واحتياج كل عمل من المواد والعمالة والمعدات.

٣ - أنشطة المتابعة والإدارة:

وهي الأنشطة الخاصة بمراقبة ومتابعة عمليات التنفيذ طبقا للأسس الهندسية الصحيحة التي تنص عليها المواصفات العامة والخاصة مثل مراقبة الجودة-الأمان والسلامة في الموقع-رصد المتغيرات-مراقبة الإنتاج وهكذا.

وقد يتبع المخطط أسلوب التسلسل المنطقي في عملية التنفيذ لتحديد الأنشطة الأساسية للمشروع مثل:

- أعمال تجهيز الموقع.
- أعمال الحفر بأنواعه.
- أعمال النجارة للأساسات.

- أعمال الحدادة للأساسات.
- أعمال صب الخرسانة للأساسات.

وهكذا.

ومن الواضح أن تقسيم الأنشطة بهذه الطريقة يعتمد إلي حد كبير علي الرسومات التنفيذية وجداول الكميات.

وبصفة عامة هناك بعض القواعد العامة التي يجب أخذها في الاعتبار عند تحديد الأنشطة التي يتكون منها مشروع التشييد يمكن إجمالها فيما يلي:

١ – أي نشاط يتم تحديده يجب التأكد من إمكانية تحديد الزمن اللازم لتنفيذه وإلا يتم تقسيمه إلي أكثر من نشاط.

٢ – من المفضل تجنب عمل أكثر من مقاول باطن في نشاط واحد في نفس الوقت وإلا يفضل تقسيمه إلي أكثر من نشاط.

٣ – يجب أن تكون الأنشطة محددة بدقة وبحيث تشمل علي عمل واضح وذو صفة خاصة أو بمعني آخر أن لا يحتوي النشاط علي أكثر من عمل لا يربطهم صفة أو يكون بينهما أنشطة أخري مثل جمع أعمال الحفر مع أعمال صب القواعد. ففي هذه الحالة يجب تقسيم النشاط إلي أعمال حفر، وأعمال الصب حيث يفصل بينهما أعمال النجارة وأعمال الحدادة.

٤ – يجب أن يكون هناك تناسب بين عدد الأنشطة والدقة المطلوبة من هذا التقسيم بمعني أن عدد الأنشطة التي يقسم لها المشروع بغرض تقدير التكلفة قبل دخول العطاء بالتأكيد أقل من الأنشطة التي تستخدم عند التخطيط لتنفيذ المشروع. فمثلا عند تقسيم المشروع إلي أنشطة بغرض تقدير التكلفة قبل دخول العطاء فيمكن اعتبار أن أعمال تشييد الأساسات بند واحد بينما عند تحديد الأنشطة بغرض التخطيط للتنفيذ فيجب في هذه الحالة تقسيم هذا البند

إلي أعمال الشدات وأعمال التسليح من تجهيز، وتثبيت ثم أعمال صب الخرسانة ثم فك الشدات والمعالجة.

ويمكن أخذ المثال التالي لتقسيم مشروع بناء حائط ساند من الخرسانة المسلحة إلي عدد مناسب من الأنشطة التالية:

١ - أعمال الحفر حتى منسوب التأسيس.
٢ - تجهيز أعمال الشدات (خشبية أو معدنية).
٣ - تجهيز أعمال حديد التسليح.
٤ - أعمال صب الخرسانة.
٥ - أعمال معالجة الخرسانة حتى التصلد.
٦ - إزالة الشدات.
٧ - أعمال البياض.
٨ - أعمال الردم.

وكمثال آخر وهو تشييد أحد الطرق فيمكن تقسيم المشروع إلي الأنشطة التالية:

١ - تجهيز الموقع وإمداده بالخدمات اللازمة والأعمال المؤقتة ونقل المعدات اللازمة.
٢ - إزالة أي عوائق أو مخلفات قد توجد في حرم الطريق من الجانبين.
٣ - أعمال التسوية من حفر وردم.
٤ - أعمال الحفر الخاصة بالصرف .
٥ - أعمال تثبيت أنابيب (مواسير) الصرف.
٦ - أعمال الردم حول مواسير الصرف.
٧ - أعمال وضع طبقات الأساس (Base Materials).
٨ - أعمال وضع طبقات الرصف (الإسفلت).
٩ - أعمال الأكتاف.
١٠- أعمال التشطيب وإزالة المخلفات ونقل المعدات.

أما عند تقسيم مشروع مبني هيكلي من الخرسانة المسلحة يتكون من دور واحد فيمكن تقسيمة إلي الأنشطة التالية:

١ – تجهيز الموقع (بمعني إزالة أي مخلفات وتسوية الأرض تمهيدا لأعمال الحفر).
٢ – أعمال الحفر.
٣ – أعمال الخرسانة العادية.
٤ – أعمال الخرسانة المسلحة للقواعد.
٥ – أعمال الخرسانة المسلحة للسملات.
٦ – أعمال الخرسانة المسلحة للأعمدة.
٧ – أعمال الخرسانة المسلحة للأسقف.
٨ – أعمال المباني.
٩ – أعمال الردم.
١٠– أعمال الصحي.
١١– أعمال الكهرباء.
١٢– أعمال النجارة.
١٣– أعمال البياض.
١٤– أعمال الدهانات.
١٥– أعمال الأرضيات.
١٦– أعمال الطبقات العازلة.
١٧– أعمال القيشاني.

وقد يلجأ المخطط لزيادة الدقة أو المتابعة أو لأي ظروف أخرى إلي تقسيم بعض الأنشطة إلي قسمين أو أكثر فمثلا يمكن تقسيم بند الخرسانة العادية إلي خرسانة عادية للقواعد وأخرى خرسانة عادية تحت الأرضيات. ويمكن تقسيم أعمال الصحي إلي أعمال صحي (أ) وهو عمل التمديدات والتوصيلات

الخارجية والداخلية وأعمال الصحي (ب) وهو تركيب الأجهزة الصحية وعمل التشطيبات اللازمة له.

وبالمثل يمكن تقسيم أعمال الكهرباء إلي أعمال التمديدات، وأعمال التركيبات، وأعمال النجارة إلي أعمال تركيب الحلوق وأعمال التركيبات والدهانات وبالتالي نلاحظ أن المشروع أصبح يتكون من ٢١ نشاطا بدلا من ١٧ نشاطا.

تحديد علاقة الأنشطة مع بعضها البعض :

Activities Logical Relationship

تحديد العلاقة بين الأنشطة هي الخطوة التي تلي تقسيم المشروع إلي عدد من الأنشطة مباشرة والمقصود بهذه العلاقة هو دراسة كل نشاط من أنشطة المشروع علي حدة، وتحديد الأنشطة التي لها علاقة بهذا النشاط (سواء الواجب الانتهاء منها قبل البدء في هذا النشاط أو الأنشطة التي تلي هذا النشاط). وتعتمد هذه العلاقة إلي حد كبير علي التقنية المستخدمة في التنفيذ أو علي ظروف، ومدي توافر الموارد اللازمة لإنجاز هذا النشاط وخاصة النادر منها. ومن الواضح أن الدراية والخبرة الكبيرة لأساليب التنفيذ من ضروريات هذا العمل وعادة يتم إنجاز هذا العمل علي مرحلتين:

المرحلة الأولي : هي تحديد جميع الأنشطة التي تسبق النشاط تحت الدراسة. فمثلا يمكن القول أن أعمال الحفر (A) والشدات (B) ووضع حديد التسليح (C) كلها تسبق صب الخرسانة (D) كما هو موضح بالجدول المرفق.

النشاط السابق	اسم النشاط
-	A
A	B
B&A	C
C&B&A	D

ثم يتبع ذلك الخطوة التالية وهي حذف الشروط الزائدة بمعني أن النشـــاط D يعتمد علي كل من A&B&C ولكن سبق القول أن النشاط C يعتمد علي كـــل مـــن B&A إذ لا داعي لتكرار هذا الشرط مع النشاط D لأن اعتماد D علي C بالتأكيد يؤدي إلي اعتماده أيضا عليB&A أو بمعني أن عمليات صب الخرسانة لا تبـــدأ حتى تنتهي أعمال حديد التسليح ولكن أعمال حديد التسليح لن تبـــدأ حتـــى تنتـــهي أعمال الشدات وأعمال الحفر لذلك يعاد كتابة جدول الاعتمادية كما يلي:

النشاط السابق	اسم النشاط
-	A
A	B
B	C
C	D

ولدراسة الاعتمادية في مثال المبنـــي السابق يمكن كتابة الاعتمادية كما يلي:

رقم البند	اسم البند	البند السابق	رقم البند	اسم البند	البند السابق
١	تجهيز الموقع	–	١٢	أعمال صحي (ب)	صحي (أ) + قيشاني
٢	أعمال الحفر	تجهيز الموقع	١٣	أعمال كهرباء (أ)	أعمال المباني
٣	أعمال الخرسانة العادية (قواعد)	أعمال الحفر	١٤	أعمال كهرباء (ب)	كهرباء (أ)
٤	أعمال الخرسانة العادية (فرشات)	أعمال الردم	١٥	أعمال نجارة (أ)	أعمال المباني
٥	أعمال الخرسانة المسلحة (قواعد)	خرسانة عادية (قواعد)	١٦	أعمال نجارة (ب)	أعمال نجارة (أ)
٦	أعمال الخرسانة المسلحة (سملات)	خرسانة مسلحة (قواعد)	١٧	أعمال البياض	كهرباء(أ)+ نجارة(أ)
٧	أعمال الخرسانة المسلحة (أعمدة)	خرسانة مسلحة (سملات)	١٨	أعمال الدهانات	بياض+أرضيات+ صحي(ب) +كهرباء(ب)+نجارة(ب)
٨	أعمال الخرسانة المسلحة (أسقف)	خرسانة أعمدة + الردم	١٩	أعمال الأرضيات	طبقات عازلة+ بياض
٩	أعمال المباني	خرسانة مسلحة (أسقف)	٢٠	أعمال العزل	خرسانة عادية فرشات
١٠	أعمال الردم	خرسانة مسلحة (أعمدة)	٢١	أعمال القيشاني	صحي (أ)
١١	أعمال صحي (أ)	أعمال المباني			

تحديد الزمن اللازم لإنجاز كل بند Duration Of Activities

إن تحديد الزمن اللازم لإنجاز بنود المشروع يستلزم أولا اختيار وحدة قياس الزمن المناسب للمشروع هل هي يوم عمل أم أسبوع عمل (ستة أيام) أم شهر عمل (ستة وعشرون يوما)، وذلك بعد حذف أيام العطلات المعتادة حسب البلد الذي ينفذ فيه المشروع.

بعد اختيار وحدة الزمن المناسب للمشروع، وحساب كميات الأعمال في كل بند من بنود المشروع يقوم مسئولو التخطيط بالاشتراك مع ذوى الخبرة باختيار وتحديد الأسلوب الأمثل والمناسب لتنفيذ جميع البنود. ومن ثم يمكن تحديد عدد أطقم العمل المناسب لكل بند مثل المعدة المناسبة وعددها وعدد العمال المهرة وعدد العمال العاديين، وكذلك حساب كميات المواد اللازمة لكل بند وبالتالي يمكن معرفة إنتاجية أطقم العمل في كل بند ثم يتم حساب زمن البند من المعادلة التالية:

زمن البند = حجم العمل في البند ÷ الإنتاجية

فمثلا: إذا كان المطلوب حساب الزمن اللازم لتشغيل وتركيب كمية من حديد التسليح قدرها ١٢ طن وقطر ١٦ مم باستخدام عدد ثلاثة أطقم عمل من الحدادين (٣حداد+٣عامل) يلزم في هذه الحالة تقدير إنتاجية الطقم الواحد ولتكن ٥ أيام لتشغيل وتركيب الطن الواحد (أي بواقع ٢٠٠ كجم - يوم - طقم).

فيصبح إنتاجية ثلاثة أطقم هو = ٥ ÷ ٣ يوم/ طن.

وبالتالي يمكن حساب زمن البند = ١٢ × $\frac{٥}{٣}$ =٢٠ يوما عملا.

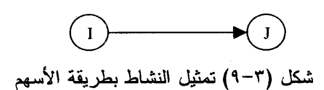
وهكذا يمكن حساب الزمن اللازم لتنفيذ كل بند مع ملاحظة أيام الأعطال.

رسم الشبكة التخطيطية للمشروع Network Diagram

هناك أساليب كثيرة لرسم شبكة الأنشطة التي تكون المشروع أو لجزء منه، ولكن من أشهر الطرق المستخدمة مع أسلوب المسار الحرج هناك طريقة الأسهم (Arrow Diagram) وطريقة المستطيلات (Node Diagram) ويمكن تناول كل منها بشيء من الشرح والتفصيل فيما يلي:

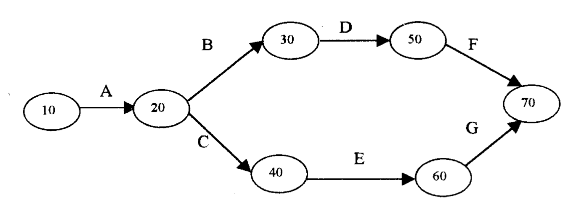
أولا: طريقة الأسهم Arrow Diagram

في هذه الطريقة وبعد تحديد العلاقات بيـــن بنـــود المشـــروع (Logic or Dependencies) كما سبق بيانه تمثل الأنشطة في صورة أسهم مترابطة، ومتصلـــة مع بعضها البعض طبقا للعلاقات التي سبق معرفتها وتحديدها جيدا. بمعني أن كـــل سهم يمثل نشاط معين يبدأ كل سهم بدائرة صغيرة تسمي (Node) مكتوب داخلـــها رقم لا يتكرر في الشبكة الواحدة، وبالتالي يصبح كل بند معرف بسهم يبـــدأ برقـــم معين وينتهي برقم آخر ويعرف النشاط بأنه محصور بين الرقميـــن I&J وشـــكل (٣-٩) يمثل نموذج لأحد الأنشطة الممثل بطريقة الأسهم .



شكل (٣-٩) تمثيل النشاط بطريقة الأسهم

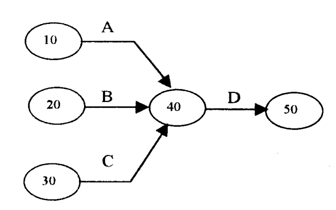
وهذه الدوائر التي في بداية الأنشطة ونهايتها يطلق عليها (Events) والرمـــز الذي يطلق علي الرقم الذي في بداية النشاط (I) الذي في نهاية النشاط (J). ولذلـــك يمكن تعريف النشاط بالاسم (I&J)، فمثلا في الشبكة التالية شكل (٣-١٠) كمثـــال لأحد الشبكات التي تستخدم في تخطيط المشروعات يطلق علي النشاط A (10&20) والنشاط B (20&30) والنشاط C (20&40) والنشاط D (30&50) وهكذا .



شكل (٣-١٠) تمثيل أحد المشروعات البسيطة بطريقة الأسهم

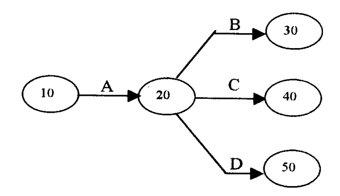
وفي هذا النوع من الشبكات يمكن معرفة الاعتمادية بمجـــــرد النظـــر إلـــي الشبكة المرسومة بمعني أن الأنشطة B&C لا يمكن أن تبدأ حتى ينتهي النشـــاط A، وكذلك النشاط D لا يبدأ حتى ينتهي النشاط B. وأيضا لا يبدأ النشاط E حتى ينتهي النشاط C ويمكن التعبير عن هذا المعني بأسلوب آخر، وذلـــك بـــالقول أن انتـــهاء الأنشطة التي تدخل أسهمها دائرة معينة فهذا يعني إمكانية السماح ببـــدء الأنشـــطة التي تخرج أسهمها من هذه الدائرة والأمثلة التالية تزيد من إيضاح هذه الفكرة :

أ - شكل (٣-١١) يعني أنه لا يمكن العمل في النشاط D حتى تنتهي كل من الأنشطة A&B&C.



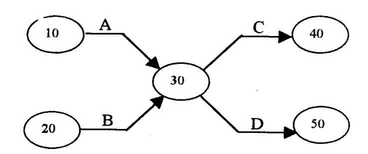
شكل (٣- ١١) تمثيل مجموعة من الأنشطة بطريقة الأسهم

ب - شكل (٣-١٢) يعني أنه لا يمكن بدء العمل في الأنشطة B&C&D حتى ينتهي النشاط A.



شكل (٣-١٢) تمثيل مجموعة من الأنشطة بطريقة الأسهم

ج- شكل (٣-١٣) يعني أنه لا يمكن بدء العمل في الأنشطة C&D قبل الانتهاء من الأنشطة التي تسبقها وهي A&B .



شكل (٣-١٣) تمثيل مجموعة من الأنشطة بطريقة الأسهم

الأنشطة الوهمية Dummy Activities

إن استخدام طريقة الأسهم في تخطيط مشروعات التشييد يفترض أن كل نشاط معرف برقم في بدايته (Start Event)، ورقم في نهايته (Finish Event) وهذه الأرقام لا تتكرر مع أكثر من نشاط وإلا حدث تعريف واحد لنشاطين مختلفين ويظهر ذلك في كثير من الحالات و كذلك هناك بعض الحالات التي ينتج عنها وبسبب الرسم بطريقة الأسهم أن يظهر في الشبكة شروط زائدة وغير مطلوبة في

التخطيط. ولتجنب ذلك يتم استخدام ما يعرف بالأنشطة الوهمية أو ما يطلق عليـــها أحيانا الأنشطة الميتة (Dummy Activities) وهي أنشطة ليس لها زمن وليس لـــها ميزانية أي أنها أنشطة تستخدم فقط لعلاج العيوب التي سبق ذكرهـــا فـــي طريقـــة التخطيط بالأسهم. والأمثلة التالية توضح فكرة الأنشطة الوهمية :

مثال(١)

بفرض أن هناك جزء من مشروع يتكون من أربعة أنشـــطة A&B&C&D وعلاقة كل منهم كما يلي:

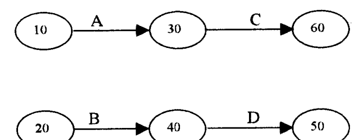
النشاط A لا يعتمد علي أي أنشطة قبله

النشاط B لا يعتمد علي أي أنشطة قبله

النشاطC يعتمد علي النشاط A.

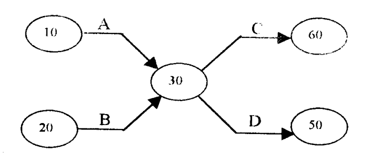
النشاطD يعتمد علي كل من النشاط A&B.

وبرسم هذه العلاقات كما في شكل (٣-١٤)



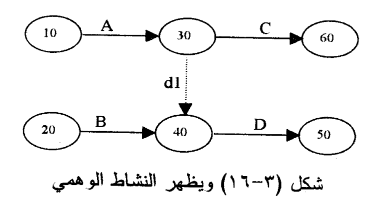
شكل (٣-١٤) تمثيل بنود المشروع بطريقة الأسهم

ولكن لتحقيق شرط اعتماد D علي كل من A&B لابد من دمج الرقمين (30) و (40) ليصبح الرسم كما في شكل (٣-١٥).



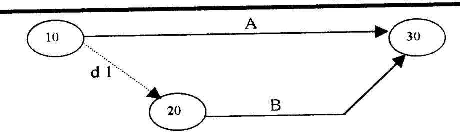
شكل (٣-١٥) دمج الرقمين (30) & (40)

ولكن ذلك الرسم يضيف شرط غير حقيقي وهو أن النشاط C يعتمد علـــي النشاط B بينما هذا الشـــرط غير موجـــود ولحل هذه المشـــكلة يســـتخدم فكـــرة النشاط الوهمي d1 والذي يطلق عليه Logic Dummy ، ويتم رسم هذا النشاط فـــي شكل خط غير متصل ويصبح الرسم كما هو مبين في شكل (٣-١٦).



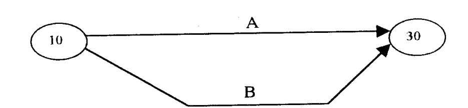
شكل (٣-١٦) ويظهر النشاط الوهمي

وهناك نوع آخر من الأنشطة الوهمية تسمي Numbering Dummy Activities وهي الأنشطة الوهمية التي تعالج مشكلة الترقيم المتكرر بمعني؛ وجود نفس الأرقام (j&J) لنشاطين مختلفين أو أكثر كما هو مبين في شكل (٣-١٧).



شكل (٣-١٧) إظهار الأنشطة الوهمية التي تعالج مشكلة الترقيم

ففي حالة عدم وجود النشاط الوهمي d1 يصبح رسم الشبكة في هذا الجزء كما في شكل (٣-١٨).



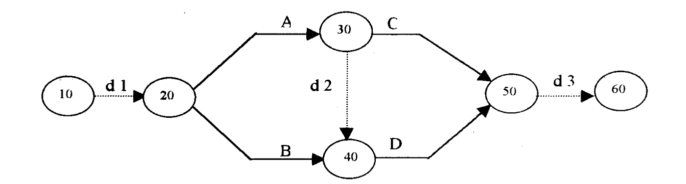
شكل (٣-١٨) يمثل الخطأ الناتج عن رسم نشاطين بنفس الترقيم

ويصبح تعريف النشاط A هو الذي يبدأ برقم (١٠) وينتهي برقم (٣٠).

ويصبح تعريف النشاط B هو الذي يبدأ برقم (١٠) وينتهي برقم (٣٠) أيضا.

فيلاحظ أن كل من النشاطين A&B لهم نفس التعريف. وهذا الذي يجب علي المخطط أن يتجنبه وخاصة في حالة استخدام الحاسب الآلي في أعمال التخطيط حيث يقابله مشكلة التعريف المشترك لنشاطين مختلفين أو أكثر. وهذا يسبب إعطاء البرنامج لأخطاء عند إدخال البيانات وإجراء الحسابات.

وهناك نوع ثالث من الأنشطة الوهمية الذي يستخدم في تجميع الأنشطة في بداية ونهاية المشروع ويطلق علية (Start And Finish Dummy) كما هو موضح شكل (٣-١٩).



شكل (٣-١٩) يمثل تجميع الشبكة باستخدام الأنشطة الوهمية
في بداية ونهاية المشروع.

خطوات رسم شبكة المسار الحرج بطريقة الأسهم:

١ – يتم رسم الشبكة في صورة أسهم تمثل الأنشطة المتتالية من اليسار إلي اليمين وليس العكس وبخطوط متصلة.

٢ – يتم رسم الأسهم بطول مناسب حتى يمكن كتابة بعض بيانات الأنشطة أعلى وأسفل السهم مع ملاحظة أن طول السهم ليس له علاقة بزمن النشاط.

٣ – يمكن استخدام الأحرف اللاتينية A&B&C&D في تعريف الأنشطة. فإذا اكتملت الأحرف يمكن عمل تباديل مثل AA&BB&CC وهكذا وترسم بخطوط متصلة.

٤ – تسمي الأنشطة الوهمية d1,d2,d3 وهكذا وترسم بخطوط متقطعة.

٥ – يتم ترقيم دوائر بدايات ونهايات الأنشطة بالأرقام العادية (1) & (2) & (3) وهكذا بحيث يعرف كل نشاط برقمين.

٦- يتم تجنب تقاطعات الأسهم بقدر المستطاع وفي حالة الضرورة يمكن اســتخدام الرسم المبين في الشكل (٣ ـــ ٢٠).

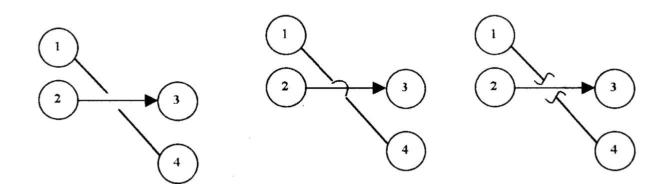
٧- يفضل دائما أن يكون الرقم الذي في بداية النشاط أصغر من الرقم الــذي فـــي نهايته وذلك يؤدى إلي زيادة الأرقام من اليسار إلي اليمين مما يسهل متابعـــة الشبكة، والاستدلال علي مكان النشاط بمجرد معرفة رقم البداية ورقم النهاية.

٨- يتم تعريف الأنشطة بعمل جداول توضح معاني الأحرف التي استخدمت فـــي تسمية الأنشطة مثل:

(A : أعمال تجهيز الموقع)

(B : أعمال الحفر)

(C : أعمال النجارة)



شكل (٣-٢٠) يوضح أسلوب التخطيط باستخدام الأسهم في حالة التقاطع

أساليب رسم المخططات بطريقة الأسهم Drawing Of Arrow Diagrams

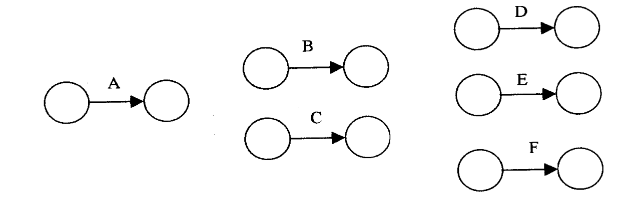
هناك طريقتان لرسم الشبكات بطريقة الأسهم وذلك بعد عمل جدول الاعتماديات أو علاقة الأنشطة مع بعضها البعض:

الطريقة الأولي:

برسم الأنشطة الابتدائية أولا والتدرج حتى نهايـــة المشــروع أي برســم الأسهم من اليسار إلي اليمين. وتتلخص هذه الطريقة في اتباع الخطوات التالية مـــع استخدام المثال التوضيحي التالي:

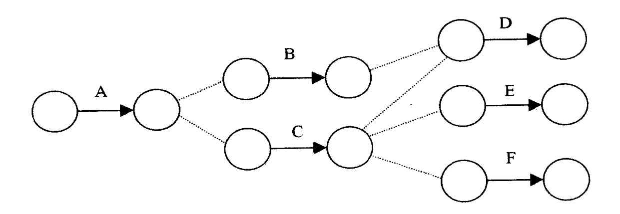
اسم النشاط	الاعتمادية
A	-
B	A
C	A
D	B&C
E	C
F	C

١ - يبدأ تمثيل الأنشطة برسم النشاط الأول الذي لا يعتمد علي أنشطة قبلـــه فـــي أقصي اليسار وفي هذا المثال هو النشـــاط A والأنشــطة الأخــيرة التـــي لا يستتبعها أي أنشطة في أقصي اليمين وفي هـــذا المثـــال الأنشــطة D&E&F وبقية الأنشطة تأتي بينهما وهم الأنشطة B&C كما في شكل (٣-٢١) .



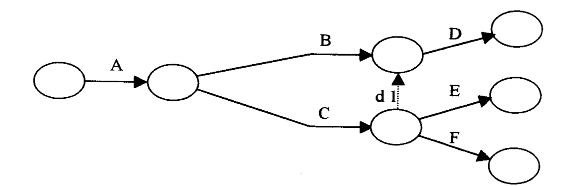
شكل(٣-٢١) تمثيل الأنشطة من البداية إلي النهاية

ربط الأنشطة طبقا لما هو وارد في جدول الاعتمادية بخطوط غير متصلـــة تشبه الأنشطة الوهمية كما في شكل (٣-٢٢)



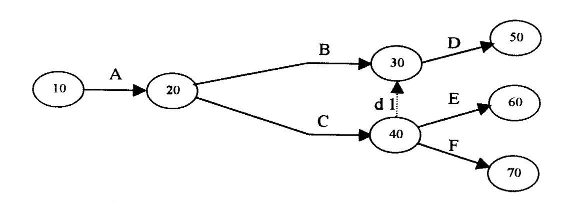
شكل (٣-٢٢) يمثل ربط الأنشطة مع بعضها البعض

٣- حذف خطوط العلاقات التي ليس لها حاجـــة، وذلك بطرح السؤال التالي: لـــو تم إلغاء هذا الخط المتقطع وجمع بداية النشـــاط التـــالي مـــع نهايـــة النشـــاط السابق هل تتغير الاعتمادية؟ فإذا كانت الإجابة بالنفي فيمكن إلغاء هذا الخـــط وإذا كانت الإجابة بنعم فيبقي هذا الخط. ويعتبر نشاط وهمي ويعطي له اســـم وبالتالي ينتج التخطيط المبين في شكل (٣-٢٣).



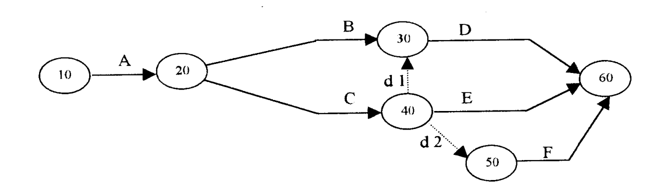
شكل (٣-٢٣) يوضح الشبكة بعد حذف العلاقات التي لا داعي لها

٤ - يتم ترقيم بدايات ونهايات الأنشطة كما فى شكل (٣-٢٤)



شكل (٣-٢٤) ترقيم بدايات ونهايات الأنشطة

٥ - بتجميع الأنشطة المنتهية للمشروع في نقطة واحدة نلاحظ ظهور نشاط وهمي آخر d2 لازم حتى لا تأخذ الأنشطة E&F نفس الترقيم، ويصبح التخطيط في صورته النهائية كما فى شكل (٣-٢٥).



شكل (٣-٢٥) تجميع الأنشطة في نهاية المشروع

ملاحظات :

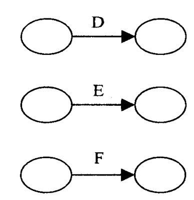
أ - عند ترقيم الدوائر يجب ملاحظة أن الرقم الذي في بداية النشاط دائما أصغر من الرقم الذي في نهاية نفس النشاط.

ب - يفضل استخدام أرقاما متباعدة ولكن بطريقة منتظمة مثل 5 & 10 & 15 وهكذا أو 20 & 30 & 40 وهذا الأسلوب من الترقيم يعطي فرصة للمخطط لإضافة أنشطة بين الأنشطة الموجودة فعلا دون إحداث تغيير في الترقيم الحالي .

الطريقة الثانية :

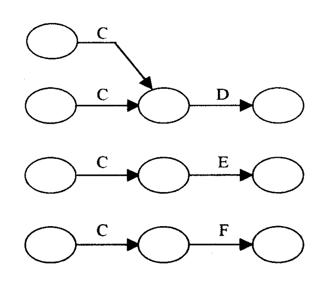
وفي هذه الطريقة يتم رسم الأنشطة من النهاية إلي البداية وذلك برسم الأنشطة النهائية أولا ثم التي تسبقها والتي تسبقها وهكذا حتى الوصول إلي بداية المشروع. ولذلك يكون الرسم من اليمين إلي اليسار آخذا اعتماديات الأنشطة في الاعتبار ويمكن شرح هذه الطريقة باستخدام نفس المثال السابق الذي تم استخدامه في شرح الطريقة الأولي كما يلي

١ – يتم رسم الأنشطة الثلاثة الأخيرة D&E&F في أقصي اليمين من ورقة الرسم كما في شكل (٣-٢٦).



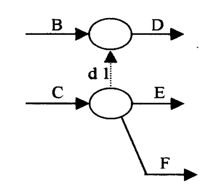
شكل (٣-٢٦) تمثيل الأنشطة من النهاية إلى البداية

٢ – يتم رسم الأنشطة السابقة لهذه الأنشطة الثلاثة والتي لها علاقة بها كما شكل (٣-٢٧).



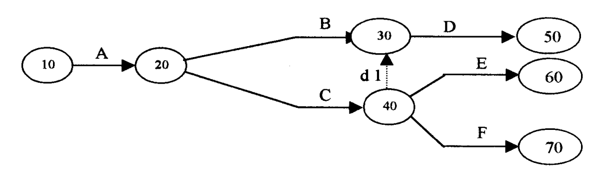
شكل (٣-٢٧) استكمال الأنشطة

٣ – يتم تعديل الرسم بإلغاء الأنشطة المتكررة مثل النشاط C حتى لو اضطر المخطط إلي استخدام أنشطة وهمية كما في شكل (٣-٢٨).



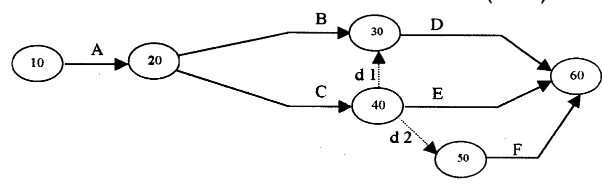
شكل (٣-٢٨) إلغاء الأنشطة المتكررة

٤ - يتم تكرار الخطوة السابقة حتى ينتهي المشروع كما في شكل (٣-٢٩)



شكل (٣-٢٩) يمثل الشبكة قبل مرحلة التجميع النهائي

١- يتم ترقيم وتجميع الأنشطة النهائية في نقطة واحدة كما في شكل (٣-٣٠).



شكل (٣-٣٠) يمثل الشبكة بعد التجميع والترقيم

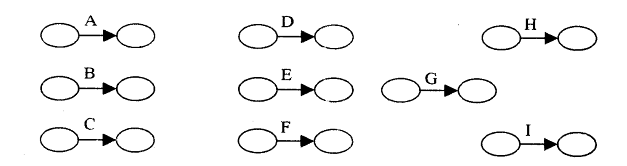
مثال

الجدول التالي يمثل مجموعة من بنود أحد مشروعات التشييد وعلاقة كل منها بالأنشطة الأخرى. والمطلوب تخطيط هذا المشروع بطريقة المسار الحرج مستخدما أسلوب الأسهم في الرسم.

اسم النشاط	النشاط السابق
A	–
B	–
C	–
D	A
E	A&B&C
F	A&B&C
G	E&F
H	D&G
I	D&G

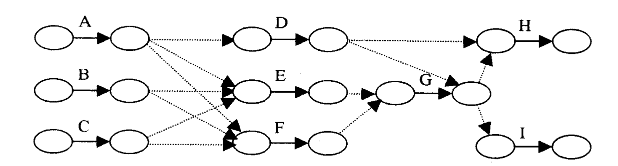
لرسم مثل هذا المشروع بطريقة الأسهم، واتباع أسلوب الأسهم من بداية المشروع والتسلسل حتى نهايته أي من اليسار إلي اليمين يتم اتباع الخطوات التالية:

١- يتم رسم الأنشطة الثلاثة الأولي A&B&C والتي لا تعتمد علي أنشطة قبلها في أقصي اليسار والأنشطة الأخيرة H&I في أقصي اليمين وباقي الأنشطة بينهما طبقا للاعتماديات المذكورة في الجدول كما في شكل (٣-٣١).



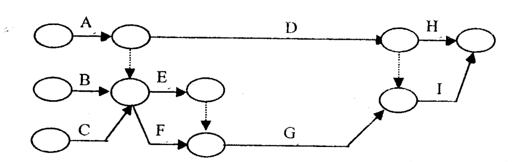
شكل (٣-٣١) رسم الأنشطة المتتالية في مجموعات

٢ - يتم ربط الأنشطة مع بعضها البعض طبقا لعلاقة كل نشاط بما يسبقه ويليه بخطوط متقطعة كأنها أنشطة وهمية كما فى شكل (٣-٣٢).



شكل (٣-٣٢) ربط الأنشطة طبقا للعلاقات بينها

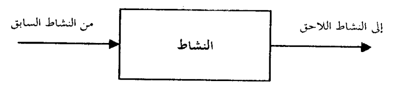
٣ - الآن يتم إزالة الأنشطة الوهمية التي لا داعي لها، وذلك بالإجابة على السؤال التالي: هل إزالة النشاط الوهمي يغير من الاعتمادية؟ فإذا كانت الإجابة بالنفي فيتم إزالة النشاط والعكس صحيح. فيصبح التخطيط النهائي كما في شكل (٣-٣٣).



شكل (٣-٣٣) يمثل الشبكة بعد حذف الأنشطة الوهمية التي لا داعي لها

ثانياً طريقة المستطيلات Node (precedence) Diagram

وفي هذا الأسلوب تستخدم المستطيلات أو المربعات أو بعض الأشكال الأخرى لتمثيل الأنشطة بينما يتم ربط هذه الأنشطة مع بعضها البعض باستخدام الأسهم كما في شكل (٣- ٣٤).



شكل (٣-٣٤) يمثل رسم النشاط بطريقة المستطيلات

وقد يتصل النشاط بعدد من الأنشطة السابقة أو اللاحقة. ويتم اتباع نفس الخطوات التي سبق شرحها في طريقة الرسم بالأسهم من اليسار إلي اليمين أي من بداية المشروع حتى نهايته. ويظهر في صورة صفوف وأعمدة من المستطيلات والتي ترتبط مع بعضها بمجموعة من الأسهم تمثل العلاقات بينها كما هو مبين في الأمثلة التالية :

مثال (١) :

الجدول التالي يمثل عدد من الأنشطة التي يتكون منهـا أحـد مـشروعات التشييد والعلاقة بينهم. والمطلوب رسم المخطط الشبكي للمشروع باستخدام طريقة المستطيلات (Nodes) .

اسم النشاط	النشاط السابق
A	-
B	A
C	A
D	B&C
E	B
F	D&E

لرسم هذا المثال يتم اتباع الخطوات التالية:

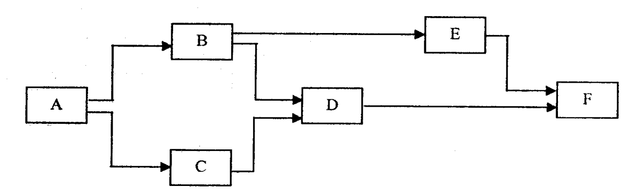
١ – رسم النشاط A داخل مستطيل في أقصي اليسار.

٢ – يتم رسم الأنشطة B&C داخل مستطيلات علي عمود واحد، واعتمادهم علـي النشاط A يتم إيضاحهم باستخدام الأسهم.

٣ – يتم رسم النشاط D بعد الأنشطة B&C.

٤ – يتم رسم النشاط E علي استقامة النشاط B ويربط بينهما سهم العلاقة الـذي يوضح اعتمادية E علي B .

٥ – يتم رسم النشاط F في أقصي اليمين ويتم ربطه مع الأنشطة E&D بواسطة الأسهم كما في شكل (٣-٣٥).



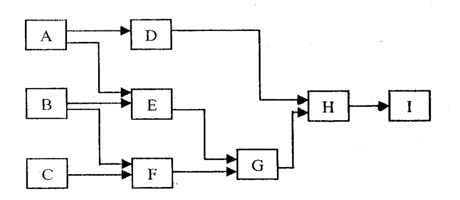
شكل (٣-٣٥) رسم الشبكة بطريقة المستطيلات

مثال (٢)

الجدول التالي يمثل أنشطة أحد مشروعات التشييد. والمطلوب رسم التخطيط الشبكي بطريقة المستطيلات.

اسم النشاط	النشاط السابق
A	-
B	-
C	-
D	A
E	A&B
F	B&C
G	E&F
H	D&G
I	H

لرسم التخطيط الشبكي لهذا المثال يتم اتباع الخطـوات المـشابهة للمثـال السابق حتى الوصول إلى شكل (٣-٣٦).



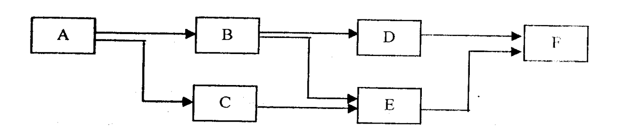
شكل (٣-٣٦) تمثيل الأنشطة بطريقة المستطيلات

مثال (٣)

الجدول التالي يمثل أنشطة أحد مشروعات التشييد. والمطلوب رسم التخطيط الشبكي بطريقة المستطيلات.

اسم النشاط	النشاط السابق
A	-
B	A
C	A
D	B
E	B&C
F	D&E

لرسم التخطيط الشبكي لهذا المثال يتم اتباع الخطوات المشابهة للمثال السابق حتى الوصول إلى شكل (٣-٣٧).



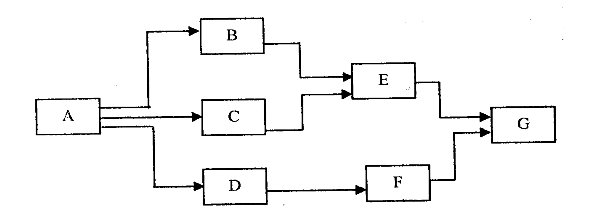
شكل (٣-٣٧) تمثيل الأنشطة بطريقة المستطيلات

مثال (٤)

الجدول التالي يمثل أنشطة أحد مشروعات التشييد. والمطلوب رسم التخطيط الشبكي بطريقة المستطيلات.

اسم النشاط	النشاط السابق
A	-
B	A
C	A
D	A
E	B&C
F	D
G	E&F

لرسم التخطيط الشبكي لهذا المثال يتم اتباع الخطوات المـــشابهة للمثـــال السابق حتى الوصول إلى شكل (٣-٣٨).



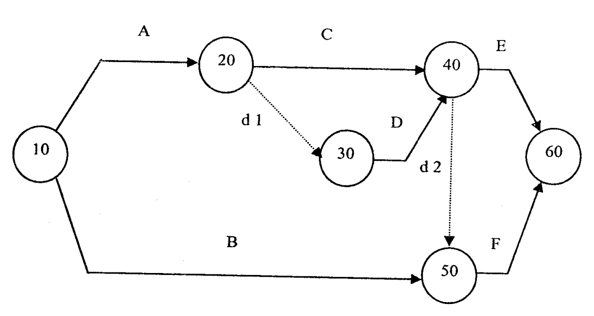
شكل (٣-٣٨) تمثيل الأنشطة بطريقة المستطيلات

مثال (٥)

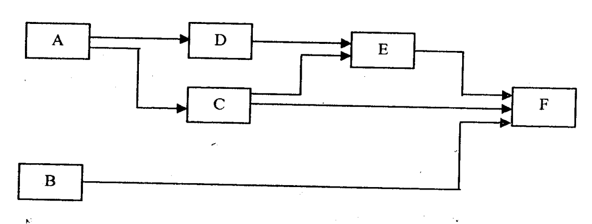
المطلوب رسم شبكة المشروع التالي بطريقتي الأسهم والمستطيلات.

اسم النشاط	النشاط السابق
A	-
B	-
C	A
D	A
E	C&D
F	B&C&D

لرسم التخطيط الشبكي بطريقتي الأسهم والمستطيلات يتم اتباع الخطـوات السابق شرحها في رسم كل من الطريقتين للحصول عـلي الرسومات التاليـة كما هـو في شـكل (٣-٣٩) & (٣-٤٠).



شكل (٣-٣٩) رسم الشبكة بطريقة الأسهم



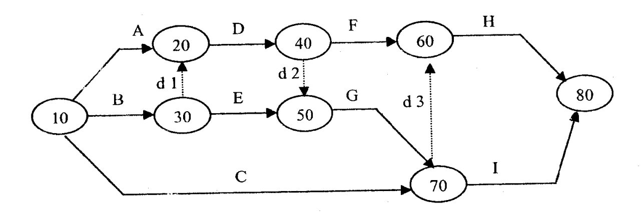
شكل (٣-٤٠) رسم الشبكة بطريقة المستطيلات

مثال (٦)

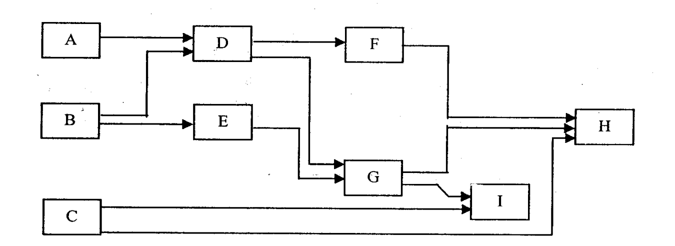
المطلوب رسم شبكة المشروع التالي بطريقتي الأسهم والمستطيلات.

النشاط السابق	اسم النشاط
-	A
-	B
-	C
A&B	D
B	E
D	F
D&E	G
C&F&G	H
C&G	I

لرسم التخطيط الشبكي بطريقتي الأسهم والمستطيلات يتم اتباع الخطــوات السابق شرحها في رسم كل من الطريقتين للحصول علي الرسومات التالية كما في شكل (٣-٤١) & (٣-٤٢).



شكل (٣-٤١) رسم الشبكة بطريقة الأسهم



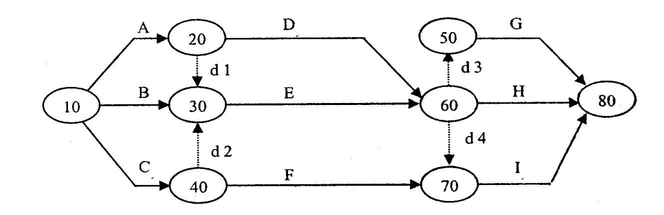
شكل (٣-٤٢) رسم الشبكة بطريقة المستطيلات

مثال (٧)

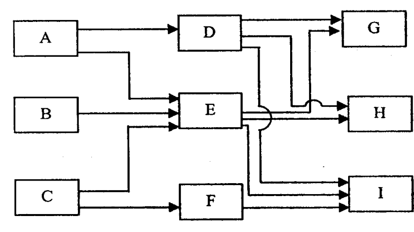
المطلوب رسم شبكة المشروع التالي بطريقتي الأسهم والمستطيلات.

اسم النشاط	النشاط السابق
A	-
B	-
C	-
D	A
E	A&B&C
F	C
G	D&E
H	D&E
I	D&E&F

لرسم التخطيط الشبكي بطريقتي الأسهم والمستطيلات يتم اتباع الخطــوات السابق شرحها في رسم كل من الطريقتين للحصول علي الرسومات التالية كما في شكل (٣-٤٤) & (٣-٤٥).



شكل (٣-٤٤) رسم الشبكة بطريقة الأسهم



شكل (٣-٤٥) رسم الشبكة بطريقة المستطيلات

حسابات الشبكة بطريقة المسار الحرج

لحساب زمن المشروع وتحديد بدايات ونهايات الأنشطة ومعرفة الأنشطة الحرجة، وبالتالي المسار الحرج وفترات السماح لبقية الأنشطة يجب أولا تحديد بعض المصطلحات التي سيتم استخدامها في هذا الجزء من الباب.

– البداية المبكرة للنشاط Early Start (E.S)

وهو أول زمن يمكن أن يبدأ فيه النشاط

- النهاية المبكرة للنشاط Early Finish (E.F)

وهو الزمن الذي ينتهي فيه النشاط إذا بدأ بداية مبكرة

مما سبق يمكن استنتاج العلاقة التالية:

النهاية المبكرة للنشاط = البداية المبكرة للنشاط + زمن النشاط

- البداية المتأخرة للنشاط Late Start (L.S.)

وهو آخر موعد يمكن أن يبدأ فيه النشاط.

- النهاية المتأخرة للنشاط Late Finish (L.F)

وهو الزمن الذي ينتهي فيه النشاط إذا بدأ بداية متأخرة

مما سبق يمكن استنتاج هذه العلاقة:

النهاية المتأخرة = البداية المتأخرة + زمن النشاط

- فترة السماح الكلي للنشاط Total Float Of Activity (T.F)

وهي الفترة المسموح للنشاط أن يتأخرها دون أن يؤثر علي الـزمن الكلـي للمشروع

ويمكن كتابتها علي الصورة التالية:

فترة السماح الكلي = النهاية المتأخرة – النهاية المبكرة = البداية المتأخرة – البداية المبكرة

$$\mathbf{TF = L.S. - E.S. = L.F - E.F.}$$

- فترة السماح الجزئي للنشاط Free Float Of Activity (F.F)

وهي الفترة المسموح للنشاط أن يتأخرها دون أن يؤثر علي أي من بـدايات الأنشطة التي تليه ويمكن كتابتها علي الصورة التالية:

فترة السماح الجزئي = البداية المبكرة للنشاط التـالي – النهايـة المبكـرة للنشاط تحت الدراسة

F.F. = E.S. Of Succeeding Activity-E.F

فإذا كان النشاط يتبعه أكثر من نشاط ونتج عن كل منهم فترة سماح جزئـي فتعتبر أقل قيمة هي فترة السماح الجزئي لهذا النشاط.

– الأنشطة الحرجة Critical Activities

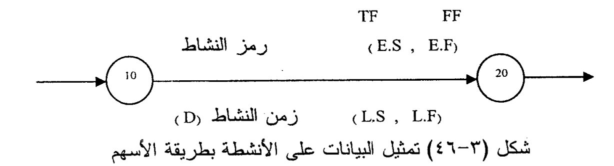
وهي الأنشطة التي لها أقل فترة سماح كلي في الشبكة.

– المسار الحرج Critical Path (C.P)

وهو أطول مسار في الشبكة وبالتالي هو المسار الذي يحدد زمن المشروع. وهو أيضا المسار الذي يمر بالأنشطة الحرجة مع ملاحظة أن الشبكة قد يوجد بها أكثر من مسار حرج ولكن أي شبكة يجب أن يكون بها مسار حرج واحـد علـي الأقل.

– تمثيل الأنشطة

تمثل الأنشطة في حالة الرسم بطريقة الأسهم علي شكل سهم مبينـا عليـه بعض البيانات كما في شكل (٣-٤٦).



شكل (٣-٤٦) تمثيل البيانات على الأنشطة بطريقة الأسهم

حيث

ES = البداية المبكرة

E.F = النهاية المبكرة = البداية المبكرة + زمن النشاط

= ES + D

LS = البداية المتأخرة

L.F = النهاية المتأخرة = البداية المتأخرة + زمن النشاط

= LS + D

T.F = فترة السماح الكلي = البداية المتأخرة – البداية المبكرة = النهاية المتأخرة – النهاية المبكرة.

F.F = فترة السماح الجزئي = ES (للنشاط اللاحق) – E.F (لنفس النشاط)

وتمثل الأنشطة في حالة الرسم بطريقة المستطيلات علي شكل مستطيلات مقسمة بالطريقة التالية كما في شكل(٣-٤٧).

<table>
<tr><td>E.F</td><td>رمز النشاط</td><td>ES</td></tr>
<tr><td colspan="3">اسم النشاط</td></tr>
<tr><td>L.F</td><td>زمن النشاط</td><td>LS</td></tr>
</table>

شكل (٣-٤٧) تمثيل البيانات على الأنشطة في طريقة المستطيلات

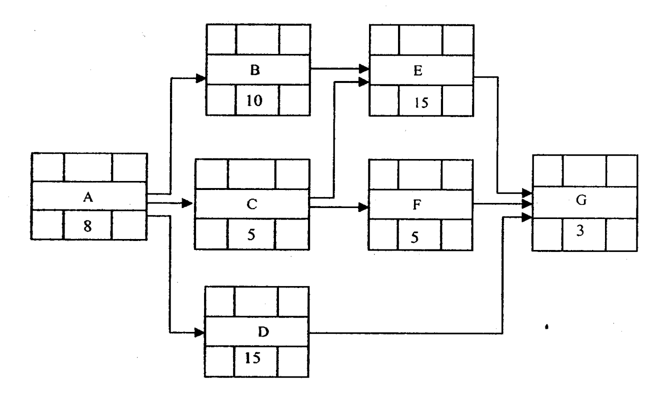
- **حسابات الشبكة من البداية إلي النهاية (من اليسار إلي اليمين)**

Password (Forward) Calculations

وهي الخطوة التالية مباشرة بعد رسم الشبكة سواء باستخدام الأسهم أو باستخدام المستطيلات. وتبدأ الحسابات بافتراض أن النشاط الأول يأخذ بداية مبكرة تساوي صفر (أو واحد). وبجمع زمن هذا النشاط مع قيمة البداية المبكرة نحصل علي النهاية المبكرة للنشاط الأول. وتعتبر هي نفسها البداية المبكرة للأنشطة التي تلي هذا النشاط وتعتمد عليه وبمعرفة البدايات المبكرة لهذه الأنشطة، وجمع زمن كل نشاط مع بدايته المبكرة نحصل علي نهايته المبكرة. وهكذا تتسلسل حسابات الشبكة حتى آخر نشاط في الشبكة فتعتبر نهايته المتأخرة هي زمن المشروع. ويمكن تتبع ذلك بالشرح علي المثال التالي:

مثال ٨ :

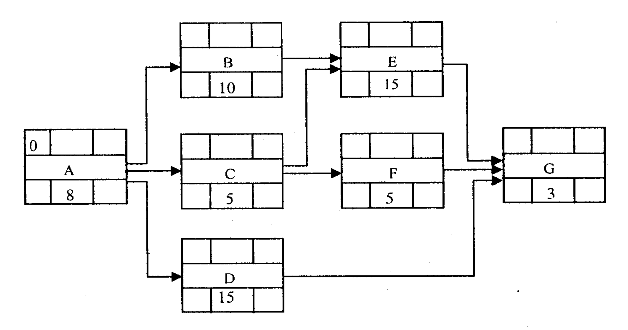
احسب زمن المشروع التالي باستخدام العلاقات المبينة بالرسم وأزمنة الأنشطة المبينة نظير كل منها كما في شكل (٣-٤٨).



شكل (٣-٤٨) يمثل شبكة افتراضية لأحد مشروعات التشييد مبيناً عليها الأزمنة والعلاقات بين الأنشطة

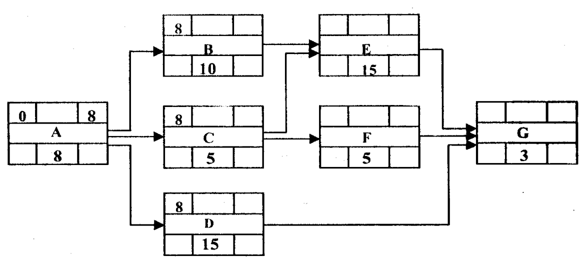
الحـــــــل

١ - نبدأ بفرض أن البدايـــة المبكـــرة للنشـــاط A = صـــفر كما فـــي شـــكل (٣-٤٩).



شكل (٣-٤٩) بداية الحسابات من زمن صفر كبداية مبكرة للبند (A)

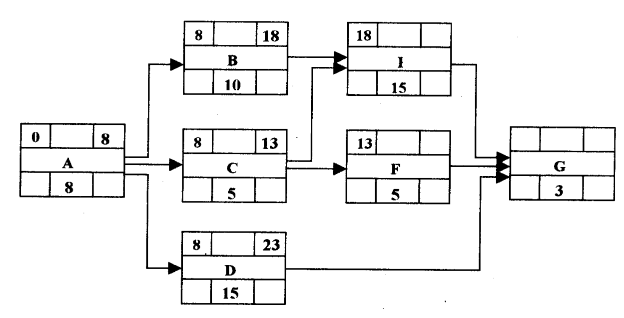
٢ - بالنسبة للنشاط A نجمع البداية المبكرة (صفر) مع زمن النشاط (8) فنحصل علي النهاية المبكرة للنشاط ٨ وهي نفسها البداية المبكرة لجميع الأنشطة التي تعتمد عليه وهي B & C & D كما في شكل (٣-٥٠).



شكل (٣-٥٠) تحديد البدايات المبكرة للأنشطة (B&C&D)

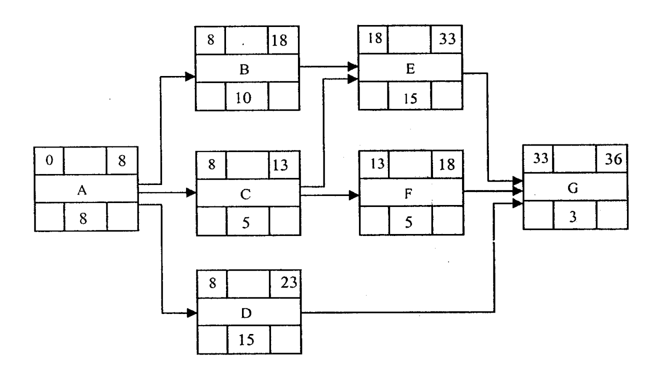
٣ - بالنسبة للأنشطة B&C&D بجمع البداية المبكرة لكل منهم مع زمن كل نشاط نحصل علي النهاية المبكرة لكل نشاط، والتي تعتبر بدايات مبكرة للأنشطة

التي تعتمد عليها مع ملاحظة أن النشاط E يعتمد علي كل من B&C. فتعتبر البداية المبكرة للنشاط E هي النهاية المبكرة لأي من B&C أيهما أكبر أي (١٨) كما في شكل (٣-٥١).



شكل (٣-٥١) حساب النهايات المبكرة للأنشطة (B&C&D) وتحديد البدايات المبكرة للأنشطة (E&F)

٤ – نكرر العمل مع كل من E&F وبعد الحصول علي النهايات المبكرة لهم وبما أن G يعتمد علي كل من D&E&F . فتعتبر البداية المبكرة لهذا النشاط (G) هي أكبر قيمة للنهايات المبكرة لكل من D&E&F أي تصبح (33) كما في شكل (٣-٥٢).



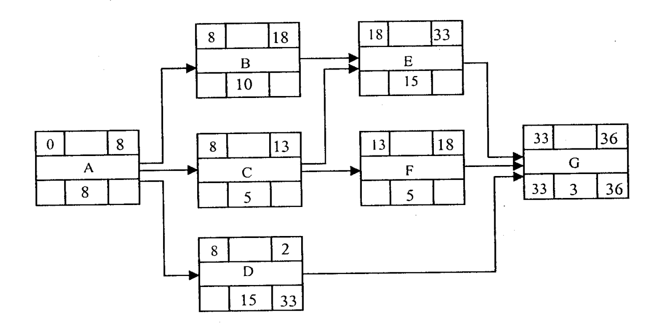
شكل (٣-٥٢) حساب النهايات المبكرة لكل من الأنشطة (E&F) وتحديد البداية المبكرة للنشاط (G)

٥ – وبجمع البداية المبكرة للنشاط G مع زمن النـشاط نحـصل علـي النهايـة المبكـرة لهذا النشاط وهي (36) ، وتعتبر نفسها الـزمن الكلـي للمـشروع وتعتبر أيضا النهاية المتأخرة لهذا النشاط والنهاية المتأخرة للمشروع. ثم نبـدأ بعد ذلك في حسابات الشبكة من النهاية إلي البداية أي من اليمين إلي اليسار.

حسابات الشبكة من النهاية إلي البداية أو من اليمين إلي اليسار

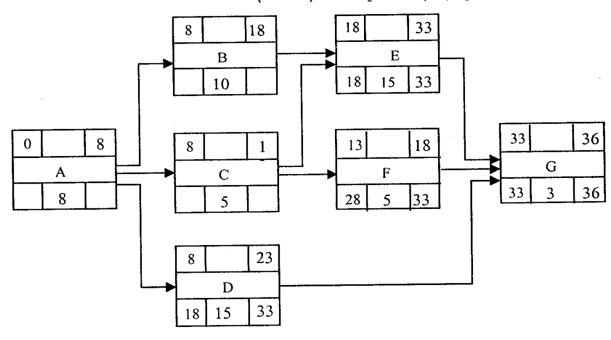
(Backward Path)

٦ – نبدأ بالنشاط G فبطرح زمن النشاط من النهاية المتأخرة نحصل علي البدايـة المتأخرة لهذا النشاط وهي (33)، ثم يتم نقلها إلي الأنشطة السابقة للنـشاط G وهي الأنشطة E&F&D كنهاية متأخـرة لهذه الأنشـطة كما فـي شـكل (٣-٥٣).



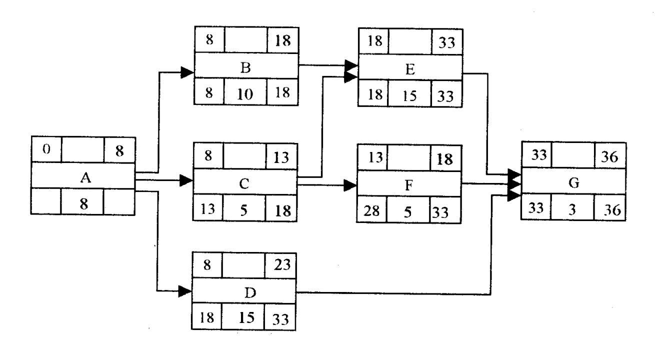
شكل (٣-٥٣) تحديد النهاية المتأخرة للنشاط (G) وحساب البداية المتأخرة له والتي تحدد النهايات المتأخرة لكلٍ من الأنشطة (E&F&D).

٧ – ننتقل الآن إلي الأنشطة E&F&D ونحسب البداية المتأخرة لكل منهم وذلك بطرح أزمنة هذه الأنشطة من النهاية المتأخرة، والتي تم الحصول عليها من النشاط G وهي (33) كما في شكل (٣-٥٤).



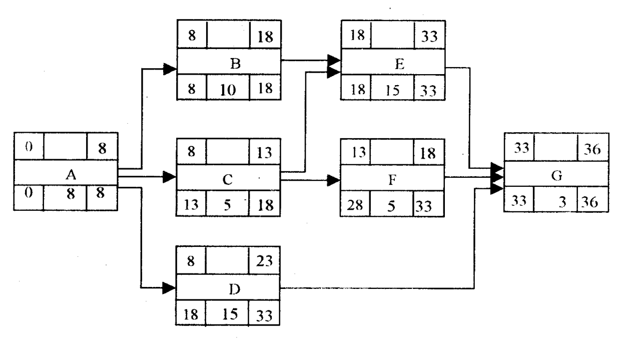
شكل (٣-٥٤) حساب البدايات المتأخرة للأنشطة (E&F&D)

٨ – بدراسة الأنشطة B&C نحصل علي النهاية المتأخرة للنشاط B من البداية المتأخرة للنشاط E وهي (18). أما النهاية المتأخرة للنشاط C فهي تعتمد علي البدايات المتأخرة لكل من E&F أيهما أصغر أي أن النهاية المتأخرة للنشاط C هي 18 أيضا. وبطرح أزمنة الأنشطة من نهاياتها المتأخرة نحصل علي البدايات المتأخرة لهذه الأنشطة كما في الشكل (٣-٥٥) .



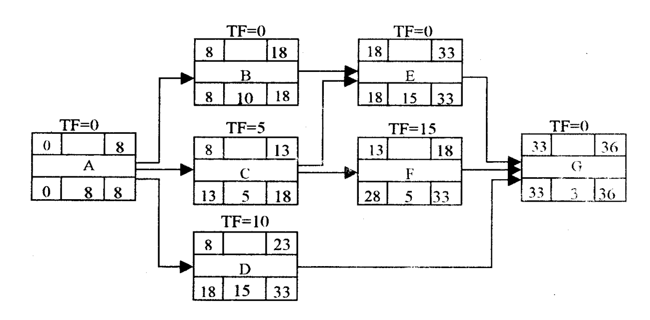
شكل (٣-٥٥) تحديد النهايات المتأخرة لكل من الأنشطة (B&C) وحساب البدايات المتأخرة لها

٩ – الآن وبالنسبة للنهاية المتأخرة للنشاط A فهي عبارة عن البداية المتأخرة لأي من B&C&D أيهما أصغر أي أن النهاية المتأخرة للنشاط A هي (8)، وبطرح زمن النشاط A من نهايته المتأخرة نحصل علي بدايته المتأخرة وهي (صفر) وتساوي بدايته المبكرة حيث أنه نشاط حرج مثل النشاط G .ويمكن استنتاج أن كل من النشاط الأول والنشاط الأخير تساوي بدايتهم المبكرة والمتأخرة وتساوي نهايتهم المبكرة والمتأخرة أي أنهم أنشطة حرجة كما في شكل (٣-٥٦).



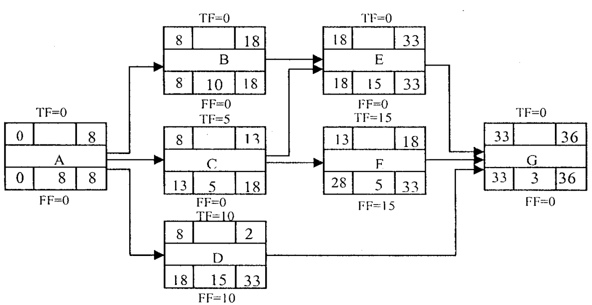
شكل (٣-٥٦) الشبكة في شكلها النهائي بعد تحديد البدايات والنهايات المبكرة والمتأخرة لجميع الأنشطة

١٠ - في هذه المرحلة يمكن حساب فترة السماح الكلية لجميع الأنشطة، وذلك بطرح البداية المبكرة من البداية المتأخرة أو بطرح النهاية المبكرة من النهاية المتأخرة لكل نشاط كما في شكل (٣-٥٧).



شكل (٣-٥٧) حساب فترة السماح الكلي (TF) لجميع الأنشطة

١١ – ولحساب فترات السماح الجزئي للأنشطة نطرح النهاية المبكرة للنشاط من البدايات المبكرة للأنشطة التي تليه وتكون أصغر قيمه هي فترة السماح الجزئي لهذا النشاط كما في شكل (٣ –٥٨).



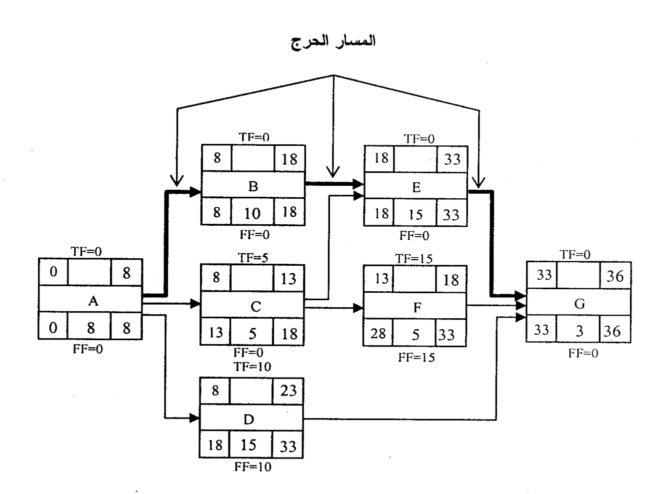
شكل (٣–٥٨) الشبكة النهائية بعد حساب فترات السماح الجزئي لجميع الأنشطة

ملاحظات:

١– نلاحظ أن F.F للنشاط C = الفرق بين البداية المبكرة للنشاط E (١٨) والنهاية المبكرة للنشاط C (١٣) أي أن F.F = ٥ أو =الفرق بين البداية المبكرة للنشاط F (١٣) والنهاية المبكرة للنشاط C (١٣) أي أنها = صفر وفي هذه الحالة نأخذ القيمة الأصغر وهي صفر. فتصبح فترة السماح الجزئي للنشاط C = صفر.

٢– يلاحظ أن جميع قيم TF & FF للأنشطة الحرجة = صفر وهذا بسبب تساوي النهايات المتأخرة مع النهايات المبكرة وتساوي البدايات المتأخرة مع النهايات المتأخرة . وهذا قد ترتب تلقائيا علي اختيار النهاية المتأخرة للنشاط G مساويا للنهاية المبكرة له مساويا أيضا لزمن المشروع.

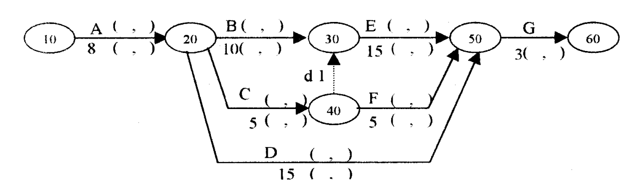
٣- يلاحظ أن الأنشطة الحرجة هي A & B & E & G والمسار الواصل بين هـذه الأنشطة هو المسار الحرج وهو أطول مسار في الشبكة. وهو الـذي يحـدد زمن المشروع.



شكل (٣-٥٩) الشبكة في صورتها النهائية

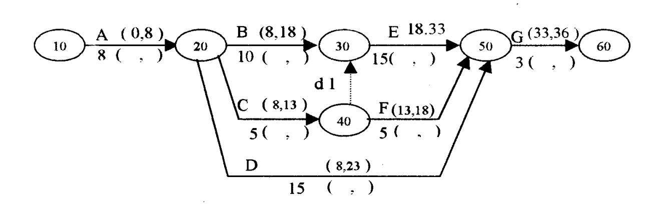
يمكن تكرار نفس الخطوات السابقة ولكن باستخدام الرسم بطريقة الأسهم كما هو مبين في المثـــال التالي :

احسب زمن المشروع التالي باستخدام الاعتماديات المبينة بالرسم وأزمنة الأنشطة المبينة نظير كل منها كما في شكل (٣-٦٠).



شكل (٣-٦٠) شبكة افتراضية لأحد المشروعات ممثلة بطريقة الأسهم

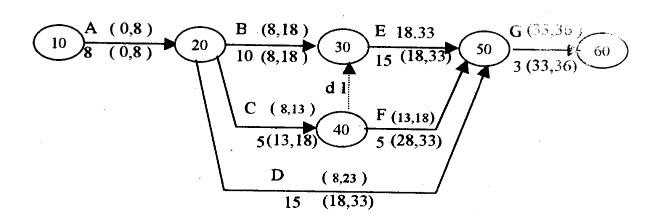
١ - نبدأ بفرض أن البداية المبكرة للنشاط (A) = صفر ونحسب من اليسار إلـــي اليمين كما سبق في حالة المستطيلات والبداية المبكرة لأي نشاط هـــي أكـبر نهاية مبكرة للأنشطة التي تســبقه مباشرة ويعتمد عليها ونستمر حتى نصـــل إلي نهاية المشروع، ونحدد زمن المشروع وهو النهاية المبكرة لآخر نشــاط G ويســاوي (36) أســبوعا مثلا كما في شكل (٣-٦١).



شكل (٣-٦١) حسابات الشبكة من اليسار إلى اليمين
حتى الوصول إلى زمن المشروع

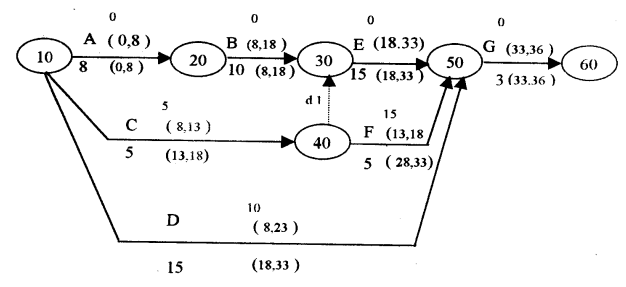
٢ - ننقل النهاية المبكرة للنشاط G مكان النهاية المتأخرة لنفس النشاط ونبــدأ فـــي حسابات العودة أي من اليمين إلي اليسار، وذلك بطرح زمن كل نشـــاط مـــن نهايته المتأخرة. فنحصل علي بدايته المتأخرة وهي نفسها النهايات المتـــأخرة

للأنشطة السابقة مع اختيار أقل قيمة عند تعدد القيم كما هو مبين في شكل (٣-٦٢).



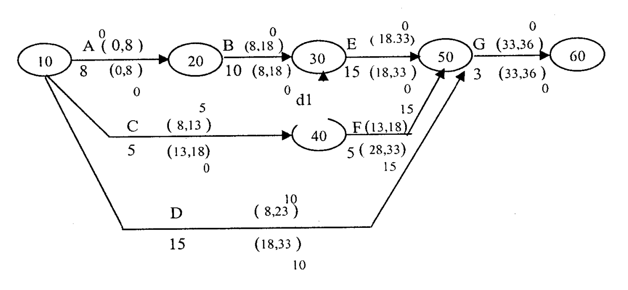
شكل (٣-٦٢) حسابات الشبكة من اليمين إلى اليسار للحصول على البدايات والنهايات المتأخرة للأنشطة وتحديد المسار الحرج

٣ - حساب فترات السماح الكلية للأنشطة TF وهي الفرق بين البداية المتأخرة والنهاية المتأخرة، أو الفرق بين النهاية المبكرة والنهاية المتأخرة. وتكتب هذه القيم أعلى السهم علي اليسار كما هو مبين في شكل (٣-٦٣).



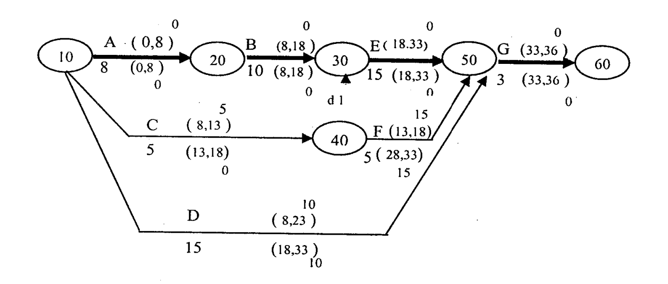
شكل (٣-٦٣) حسابات فترات السماح الكلية للأنشطة

٤ – حساب فترات السماح الجزئية أو ما يطلق عليها أحيانا فترات السماح الحـــر (FREE FLOAT) FF للأنشطة وهي أقل فرق بين النهاية المبكرة للنـــشاط والبدايات المبكرة للأنشطة التي تليه وتعتمد عليه وتكتب أعلى الـــسهم علـــي اليمين كما هو مبين في شكل (٣-٦٤).



شكل (٣-٦٤) حسابات فترات السماح الحر للأنشطة

٥ – تحديد الأنشطة الحرجة والمسار الحرج حيث أن الأنشطة الحرجة هي التـــي لها أقل فترة سماح (TF) في الشبكة وهي A&B&E&G. ويمر بهـــا المـــسار الحرج ويعبر عنه بأسهم ملونة أو بنفس اللون ولكن بسمك أكبر عن المعتـــاد كما هو مبين في شكل (٣-٦٥).



شكل (٣-٦٥) الشبكة النهائية مع تحديد المسار الحرج

ملاحظات:

١ - ليس من اللازم أن تكون فترات السماح للأنشطة الحرجة تساوي صفرًا. فهي فقط تساوي صفراً إذا اقتنع المخطط بالنهاية المبكرة لآخر نشاط واعتبرها تساوي زمن المشروع وبالتالي تساوي النهاية المتأخرة لآخر نشاط، ولكن أي زيادة في النهاية المتأخرة لآخر نشاط عن النهاية المبكرة له سوف تكون هي فترة السماح الكلي للأنشطة الحرجة. وأيضا تزيد فترات السماح الكلي لجميع أنشطة المشروع بنفس القيمة (الفرق بين النهاية المتأخرة لآخر نشاط والنهاية المبكرة له). وهذا يعطى بعض المرونة للمشروع بحيث تستخدم هذه الفترة لتغطية بعض مخاطر المشروع التي قد تحدث أثناء أعمال التنفيذ.

٢ - قد يظهر في كثير من مشروعات التشييد أكثر من مسار حرج. وهذا مؤشر علي قلة مرونة التخطيط، ويزيد من احتمالات تأخر المشروع عند تعرضه لأي مخاطر أثناء أعمال التنفيذ.

أمثلة محلولة

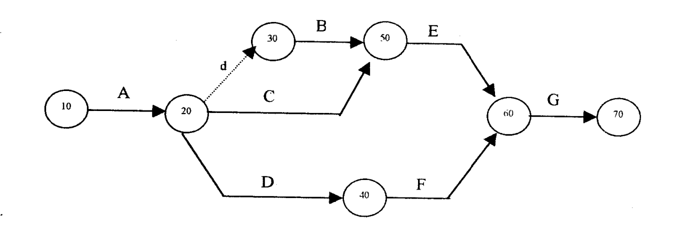
مثال (١):

المشروع التالي يبين البنود التي يتكون منها أحد مشروعات التشييد ونظير كل بند مبين زمن البند وعلاقته بالبنود الأخرى. والمطلوب تخطيط المشروع بطريقتي الأسهم. والمستطيلات وحساب زمن المشروع مع ايضاح الأنشطة الحرجة والمسار الحرج وفترات السماح لكل نشاط.

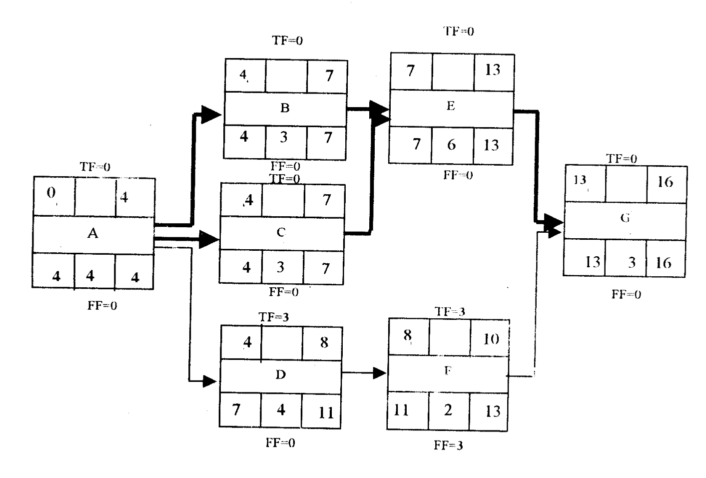
اسم البند	زمن البند	الاعتمادية
A	٤	—
B	٣	A
C	٣	A
D	٤	A
E	٦	B&C
F	٢	D
G	٣	E&F

ملاحظة

سوف يكتفي برسم الشبكة بطريقة الأسهم ولكن حل الشبكة تفصيليا سوف يكون برسم المستطيلات كما يلي في شكل (٣-٦٦) & (٣-٦٧).



شكل (٣-٦٦) رسم الشبكة بطريقة الأسهم



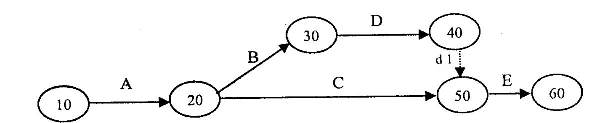
شكل (٣-٦٧) رسم وحساب الشبكة بطريقة المستطيلات

مثال (٢)

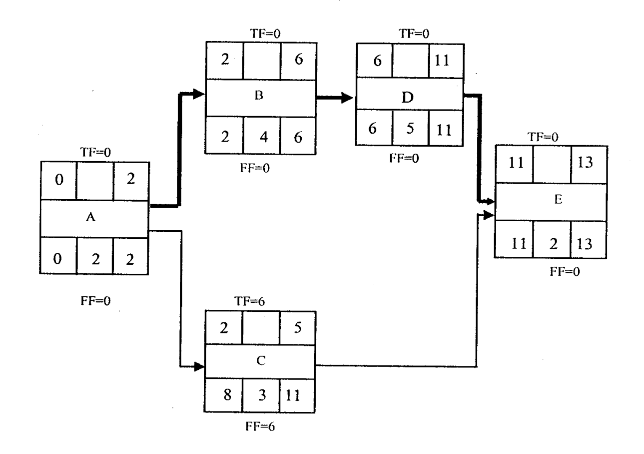
المشروع التالي يبين البنود التي يتكون منها أحـد مـشروعات التـشييد. ونظير كل بند مبين زمن البند وعلاقته بـالبنود الأخـرى. والمطلـوب تخطـيط المشروع بطريقتي الأسهم والمستطيلات، وحساب زمن المـشروع مـع إيـضاح الأنشطة الحرجة والمسار الحرج، وفترات السماح لكل نشاط .

اسم البند	الزمن	الاعتمادية
A	٢	–
B	٤	A
C	٣	A
D	٥	B
E	٢	D&C

سوف يكتفي برسم الشبكة بطريقة الأسهم ولكن حل الشبكة تفصيليا سـوف يكون برسم المستطيلات كما يلي في شكل (٣-٦٨) &(٣-٦٩).



شكل (٣-٦٨) رسم الشبكة بطريقة الأسهم



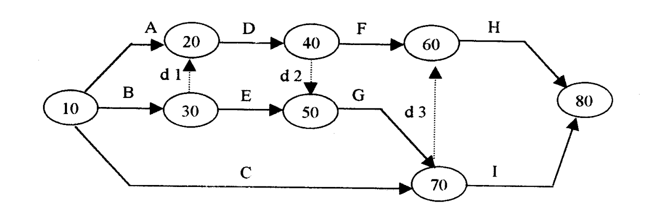
شكل (٣-٦٩) رسم وحساب الشبكة بطريقة المستطيلات

مثال (٣)

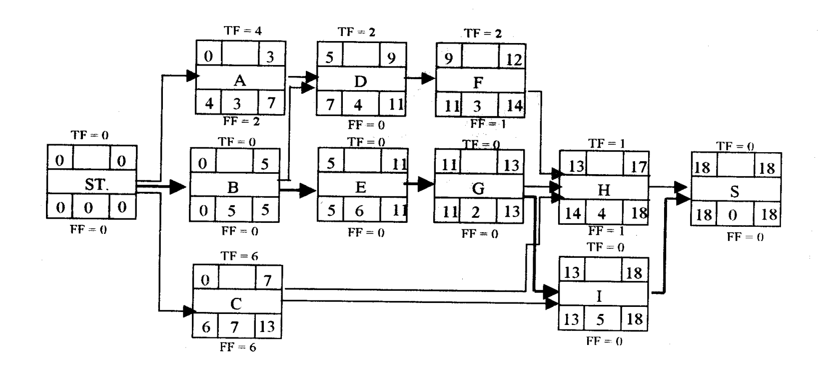
المشروع التالي يبين البنود التي يتكون منها أحـد مـشروعات التـشييد. ونظير كل بند مبين زمن البند وعلاقته بـالبنود الأخـرى. والمطلـوب تخطـيط المشروع بطريقتي الأسهم والمستطيلات، وحساب زمن المـشروع مـع إيـضاح الأنشطة الحرجة والمسار الحرج وفترات السماح لكل نشاط.

اسم البند	زمن البند	الاعتمادية
A	3	–
B	5	–
C	7	–
D	4	A&B
E	6	B
F	3	D
G	2	E
H	4	C&F&G
I	5	C&G

في هذا المثال سوف يتم الاستعانة بنشاط تجميعي في بداية المشروع يسـمي Start. ونشاط تجميعي في نهاية المشروع يسمي Finish والزمن لكل منهم = صفر وهذه الأنشطة فقط تستخدم لتجميع الأنشطة في بداية ونهايـة المشـروع. وسـوف يكتفي برسم الشبكة بطريقة الأسهم ولكن حل الشبكة تفصيليا سوف يكـون برسـم المستطيلات كما سبق في الأمثلة الماضية كما في شكل (٣-٧٠) & (٣-٧١).



شكل (٣-٧٠) رسم الشبكة بطريقة الأسهم



شكل (٣-٧١) رسم الشبكة بطريقة المستطيلات

مثال (٤)

المشروع التالي يبين البنود التي يتكون منها أحد مشروعات التشييد ونظير كل بند مبين زمن البند وعلاقته بالبنود الأخرى. والمطلوب محاولة القارئ

تخطيط المشروع بطريقتي الأسهم والمستطيلات، وحساب زمن المشروع مع إيضاح الأنشطة الحرجة والمسار الحرج وفترات السماح لكل نشاط.

اسم البند	زمن البند	الاعتمادية
A	2	–
B	4	–
C	3	–
D	4	A
E	2	B
F	5	B
G	3	A&C
H	4	A&C&E
I	6	A&C&E
J	2	D
K	8	D
L	7	G&H&K
M	6	J
N	5	F
O	2	F&I

مثال (٥)

المشروع التالي يبين البنود التي يتكون منها أحد مشروعات التشييد. ونظير كل بند مبين زمن البند وعلاقته بالبنود الأخرى. وسوف يترك للقارئ محاولة تخطيط المشروع بطريقتي الأسهم والمستطيلات، وحساب زمن المشروع مع إيضاح الأنشطة الحرجة والمسار الحرج وفترات السماح لكل نشاط.

اسم البند	زمن البند	الاعتمادية
A	0	–
B	2	A
C	3	A
D	1	A
E	4	B
F	5	C
G	8	C
H	3	D
I	1	E
J	4	F
K	5	G&H
L	3	I&J
M	0	L&K

٣-٢-٢-٢طريقة برت PERT

Project Evaluation And Review Technique

طريقة برت تشبه تماما طريقة المسار الحرج CPM السابق شرحها وذلــــك في جميع خطوات التخطيط، إلا أنها تختلف عنها فقط في حساب أزمنـــة الأنشـــطة حيث في طريقة المسار الحرج CPM يتم تحديد زمن كل نشاط كما ســـبق شـــرحه ويظل هذا الزمن ثابتا أثناء حسابات الشبكة وبناءا عليه يتحدد زمن المشروع بينمـــا في طريقة برت PERT يتم استخدام نظرية الاحتمالات في تحديد أزمنة الأنشـــطة وذلك من خلال الافتراضات التالية:

١ – أزمنة الأنشطة يتم تحديدها باستخدام قيم تقديرية مختلفة، وهذه القيم لها قيمـــة متوسطة (Te) ولها انحراف معياري (Qte) (Stander Deviation) ولها قيمـــة انحراف (V) Variance.

٢ – باستخدام القيم المتوسطة (Te) وقيم الانحراف (V) للأنشطة الحرجة يمكـــن حساب التوزيع الأكثر احتمالا لزمن المسار الحرج وهو الذي يعبر عن زمـــن المشروع كما سبق إيضاحه في طريقة المسار الحرج.

أما بالنسبة لخطوات التخطيط بطريقة برت فهي نفسها المتبعة فـــي طريقـــة المسار الحرج. ولا داعي إعادة شرحها هنا . ولكن فقط سوف يتم التركـــيز علـــي نقطة الاختلاف الرئيسية وهي طريقة حساب زمن الأنشطة .

عند تقدير زمن الأنشطة في طريقة برت يتم فرض ثلاث قيم محتملة لزمـــن كل نشاط وهي:

– أقل زمن يمكن تنفيذ النشاط خلاله علي أساس أن جميع الأمور سوف تســـير علي ما يرام (Optimistic Duration).

– أطول زمن يستغرقه تنفيذ البند وذلك بفرض وجود عقبات قد تعترض أعمـــال التنفيذ (Pessimistic Duration).

- الزمن الأكثر احتمالا لتنفيذ البند (Most Likely Or Average Duration).

ويمكن الحصول علي هذه الأزمنة باستخدام المعلومات المسجلة للمشروعات السابقة والاستعانة بأصحاب الخبرات من رجال التنفيذ ودراسة المخاطر المختلفة (Risk Identification And Analysis) التي قد يتعرض لها المشروع واحتمالية حدوث كل منها.

باستخدام القيم السابقة مع اختيار الرموز التالية لها : -

a = Optimistic Activity Duration

m = Most likely Activity Duration

b = Pessimistic Activity Duration

يمكن حساب القيمة المتوسطة لزمن كل نشاط (Te) والانحراف المعياري للأزمنة الثلاثة (Qte) وكذلك قيمة الانحراف (V) كما يلي:

$$Te = (a + 4m + b)/6$$

$$Qte = (b-a)/6$$

$$V = (Q_{te})^2$$

وبالتالي يمكن حساب الشبكة من البداية إلي النهاية والعكس كما سبق شرحه في طريقة المسار الحرج. ولكن باستخدام (Te) لكل نشاط يمكن الحصول علي زمن المشروع وتحديد المسار الحرج.

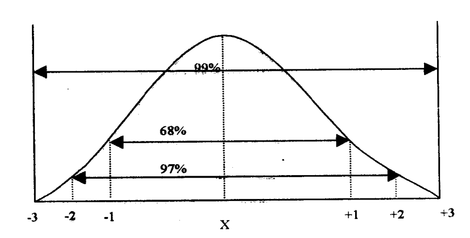
والخطوة التالية هي حساب الزمن المتوسط للمشروع وهو نفسه الزمن المتوسط للمسار الحرج (TE) حيث: TE = مجموع الأزمنة المتوسطة للأنشطة الحرجة .

وإيجاد قيمة الانحراف للمسار الحرج V وهو مجموع انحرافات الأنشطة الحرجة.

وبالتالي يمكن حساب الانحراف المعياري للمسار الحرج حيث:

$$\sqrt{V} = Qte$$

وبفرض أن منحني التوزيع الطبيعي لاحتمالات تحقيق زمن المشروع يـــأخذ الشكل التالي:



شكل (٣-٧٢) منحنى التوزيع الطبيعي لاحتمالات تحقيق زمن المشروع

يمكن حساب احتمالية انتهاء أي نشاط في موعد محدد (Ts) باستخدام قيمـــة الانحراف المعياري عن المتوسط (Z) حيث: Z =(Ts-Te)/ Qte .

وحيث :

Z= Number of stander deviations from mean

Te = Critical path mean

Qte = Critical path stander deviation

Ts = Any date you choose

والجدول التالي يعطي الاحتمالية المناظرة لقيم Z المختلفة:

Z	Probability of completing by Ts	Z	Probability of completing by Ts
-3.0	0.00	+0.1	0.54
-2.5	0.01	+0. 2	0.58
-2	+0.02	+0. 3	0.62
-1.5	0.07	+0. 4	0.66
-1.4	0.08	+0.5	0.69
-1.3	0.10	+0.6	0.73
-1.2	0.12	+0.7	0.76
-1.1	0.14	+0.8	0.79
-1.0	0.16	+0.9	0.82
-0.9	0.18	+1.0	0.84
-0.8	0.21	+1.1	0.86
-0.7	0.24	+1.2	0.88
-0.6	0.27	+1.3	0.90
-0.5	0.31	+1.4	0.92
-0.4	0.34	+1.5	0.93
-0.3	0.38	+2.0	0.98
-0.2	0.42	+2.5	0.99
-0.1	0.46	+3.0	1.00
0.0	0.50		

فمثلا إذا فرضنا أن Te لأحد المشروعات كانت 40 أسبوعا وقيمة الانحراف المعياري لنفس المشروع Qte تساوي 2

فتصبح احتمالية أن ينتهي المشروع في زمن 40 أسبوعا هي:

$$Z = (40 - 40) / 2 = 0$$

ومن الجدول نجد أن الاحتمالية عند Z=0 هي 50%.

أما احتمالية أن ينتهي المشروع في زمن 38 أسبوعا يمكن الحصول عليها بحساب قيمة Z أولا كما يلي:

$$Z = (38 - 40) / 2 = -1$$

ومن الجدول وباستخدام قيمة Z =-1 يمكن إيجاد الاحتمالية وهي: 16%

وهكذا لأي قيمة Ts يمكن إيجاد النسبة المئوية لاحتمالية تحقيق هذه القيمة (Ts). وذلك بعد إيجاد قيمة Z ومن ثم استخدام الجداول لإيجاد النسبة المئوية لاحتمالية تحقيق هذا الزمن أو قبله.

مع ملاحظة هامة وهي أن كل ما سبق يشترط أن التوزيع الاحتمالي للمسار الحرج يتبع الشكل السابق (٣-٧٢). ولكن أي اختلاف للتوزيع عن الشكل السابق سوف يؤدي إلي نتائج مخالفة. وأيضا يلاحظ أن طريقة المسار الحرج هي نفسها طريقة PERT مع اعتبار أن الانحراف المعياري لجميع الأنشطة Qte يساوي صفرا. وبمعني آخر أن الأزمنة المحسوبة لجميع الأنشطة ثابتة ولا تحتمل التغيير.

<u>أمثـــلة محلولة :</u>

مثال (١)

الجدول التالي يبين عدد من أنشطة أحد مشروعات التشييد وعلاقة كل منهم بالأنشطة الأخرى وقيم كل من a&m&b. والمطلوب تخطيط المشروع بطريقة برت PERT.

Activity	a	M	b	Dependencies
A	6	8	10	-
B	1	7	12	A
C	5	6	7	A
D	5	5	12	B
E	2	4	8	B
F	1	5	7	D
G	7	7	6	F

الحـــــل

الخطوة الأولي : حساب Te لجميع الأنشطة . حيث $Te = (a+4m+b) /6$

Activity	a	m	b	Te
A	6	8	10	8
B	1	7	12	6.8
C	5	6	7	6.0
D	5	5	12	6.2
E	2	4	8	4.3
F	1	5	7	4.7
G	7	7	6	7

الخطوة الثانية:

حساب V & Qte للأنشطة الحرجة . حيث Qte = (b-a)/6 & $V= (Q_{te})^2$
كما في الجدول التالي:

Activity	Te	Qte	V
A	8	0.66	0.44
B	1.8	1.83	3.35
D	6.2	1.2	1.44
F	4.7	1.0	1.0
G	6.8	0.00	0.00
	33		6.23

الخطوة الثالثة :

حساب Qte = الجزر التربيعي لمجموع قيم V = الجزر الـــتربيعي للقيمـــة 2.5=6.23

الخطوة الرابعة:

إيجاد احتمالية إنهاء المشروع في زمن 33 أسبوعا

Z33 = (Ts – Te) / Qte = (33 – 33)/2.5 = 0.0

من الجدول السابق نجد أن الاحتمالية = 50% P33.

أما لإيجاد احتمالية انتهاء المشروع قبل زمن 38 أسبوعا فنتبـــع الخطـــوات التالية:

Z38 = (38 –33) /2.5 = 2

P38 = 0.98 (احتمالية إنهاء المشروع قبل 38 أسبوعا).

ما هي احتمالية إنهاء المشروع مع نهاية الأسبوع 36؟ (للإجابة عن هذا السؤال نتبع الخطوات التالية):

$Z36 = (36-33) / 2.5 = 1.2$

من الجدول نجد قيمة $P = 0.88$

أوجد الزمن الذي ينتهي فيه المشروع باحتمالية علي الأقل 93%.

من الجدول نجد أن قيمة Z عند 0.93 هي تساوى أو أكبر من 1.5

أي أن $1.5 = (Ts-33) / 2.5$

$(Ts - 33) = 1.5 \times 2.5 = 3.75$

$Ts = 3.75 + 33 = 36.75$ Weeks

معني ذلك أن المشروع قد ينتهي مع نهاية الأسبوع ٣٧ باحتمالية علي الأقل مقدارها ٩٣% .

مثال (٢)

المطلوب استكمال الجدول التالي الذي يمثل الأنشطة الحرجة لأحد مشروعات التشييد وحساب كل من Te & Qte.

ومن ثم أجب علي الأسئلة التالية:

١ – ما هي النسبة المئوية لاحتمالية انتهاء المشروع بنهاية الأسبوع السادس والعشرون؟

٢ – ما هي النسبة المئوية لاحتمالية انتهاء المشروع بنهاية الأسبوع الرابع والعشرون؟

٣ – أوجد زمن انتهاء المشروع باحتمالية ٩٣%.

البنود الحرجة	a	m	b	Te	Qte	V
A	6	6	6			
D	2	5	8			
E	2	3	7			
F	6	8	10			
I	2	2	5			

الحل في الجدول التالي

البنود الحرجة	A	m	b	Te	Qte	V
A	6	6	6	6.0	0.0	0.0
D	2	5	8	5.0	1.0	1.0
E	2	3	7	3.5	0.83	0.11
F	1	8	10	8.0	0.67	0.45
I	2	2	5	2.5	0.5	0.25

$$Te = 25$$

$$Qte = 1.55$$

$$Z26 = (26-25)/1.55 = 0.65$$

احتمالية إنهاء المشروع بنهاية الأسبوع السادس والعشرون من الجدول وعند قيمة $Z = 0.65$ هي 75%.

$$Z24 = (24-25)/1.55 = -0.65$$

احتمالية إنهاء المشروع بنهاية الأسبوع الرابع والعشرون ومن الجدول وعند قيمة $Z24 = -0.65$ هي ٢٦%

لإيجاد زمن المشروع باحتمالية ٩٣%.

من الجدول وعند احتمالية ٩٣% نجد أن $Z = 1.5$

$$(X-25) / 1.55 = 1.5 <Z$$

$$X= 27.325$$

وبالتالي يمكن القول أن زمن المشروع المحتمل بنسبة ٩٣% هو ٢٤ أسبوعا.

مثال (٣)

المطلوب استكمال الجدول التالي الذي يمثل الأنشطة الحرجة لأحد مشروعات التشييد وحساب كل من Te & Qte .

ومن ثم أجب علي الأسئلة التالية:

١ – ما هي النسبة المئوية لاحتمالية انتهاء المشروع بنهاية الأسبوع السابع عشر؟

٢ – ما هي النسبة المئوية لاحتمالية انتهاء المشروع بنهاية الأسبوع الخامس عشر؟

٣ – أوجد زمن انتهاء المشروع باحتمالية 38%.

البنود الحرجة	a	M	b	Te	Qte	V
A	1	3	5			
C	1	1	4			
E	2	4	6			
F	2	3	7			
H	3	3	9			

الحل في الجدول التالي

البنود الحرجة	a	M	b	Te	Qte	V
A	1	3	5	3.0	0.17	0.45
C	1	1	4	1.5	0.50	0.25
E	2	4	6	4.0	0.17	0.45
F	2	3	7	3.5	0.83	0.69
H	3	3	9	4.0	1.0	1.0

Te = 16

Qte = 1.69

Z17 = (17-16)/1.69 = 0.59

احتمالية إنهاء المشروع بعد الأسبوع السابع عشر وعند Z=0.59 هي 73%

Z15 = (15-16)/1.69= -0.59

احتماليـــة إنهاء المشروع بعد الأسبوع الخامس العشـــر وعنـد $Z= -0.59$ هي 27%

لإيجاد زمن المشروع باحتمالية ٨٣% $(Z=(X-16)/1.69 > X=17.6$ 0.59

أسئلة للتدريب

السؤال الأول:

المطلوب استكمال الجدول التالي الـــذي يمثـل الأنشـطة الحرجــة لأحـد مشروعات التشييد وحساب كل من Te & Qte .

ومن ثم أجب علي الأسئلة التالية:

١- ما هي النسبة المئوية لاحتمالية انتهاء المشـــروع بنهايــة الأســبوع الثـالث والثلاثون؟

٢ - ما هي النسبة المئوية لاحتمالية انتهاء المشـــروع بنهايــة الأســبوع الثــاني والثلاثون؟

٣ - أوجد زمن انتهاء المشروع باحتمالية 80 % .

البنود الحرجة	a	M	B	Te	Qte	V
B	6	8	10			
C	7	7	7			
G	5	5	8			
H	3	6	9			
J	3	6	6			

السؤال الثاني:

المطلوب استكمال الجدول التالي الــذي يمثــل الأنشــطة الحرجــة لأحــد مشروعات التشييد وحساب كل من Te & Qte.

ومن ثم أجب علي الأسئلة التالية:

١- ما هي النسبة المئوية لاحتمالية انتهاء المشــــروع بنهايــة الأســبوع الثــامن والخمسون؟

٢ - ما هي النسبة المئوية لاحتمالية انتهاء المشروع بنهايــــة الأســبوع الخــامس والخمسون؟

٣ - أوجد زمن انتهاء المشروع باحتمالية 98%.

البنود الحرجة	a	M	B	Te	Qte	V
A	5	6	7			
B	3	5	7			
E	8	9	13			
F	1	4	4			
I	6	6	6			
J	5	7	9			
M	9	10	14			
N	8	8	11			

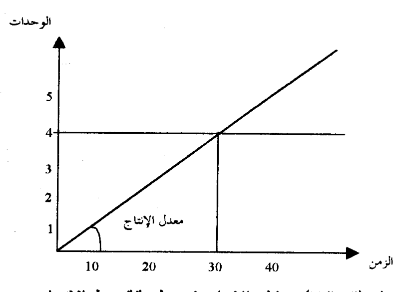
٣-٢-٣ : طريقة خط الاتزان L.O.B. Technique Line Of Balance

تم استخدام هذا الأسلوب لتخطيط مشروعات التشييد ذات الطبيعة التكرارية (أو المشروعات الطولية مثل مشروعات الطرق والأنفاق والسحارات). ومثل مشروعات المدن السكنية التي تتكون من مجموعة متماثلة من المباني وكان بداية ذلك عام ١٩٤٢م.

ومن المعلوم أن المشروعات ذات الطبيعة التكرارية تتسم بصفة تكرار الأنشطة نفسها عدد كبير من المرات مما يكسبها صفة تحسن الإنتاج كلما كان هناك اتزان لمعدل إنتاج البنود المختلفة والتي تتتابع من بداية المشروع حتى نهايته.

وتستخدم أيضا طريقة خط الاتزان في المراحل الأولي من المشروعات كوسيلة ذات كفاءة عالية في عمل برنامج توريد المواد واستخدامها في مواقع التشييد هذا بالإضافة إلي كفاءتها في ضبط عدد أطقم العمل التي تعطي أحسن إنتاجية وذلك بتقليل الزمن الفاقد بسبب تغير معدلات الأداء .

وباختصار شديد فإن هذه الطريقة تمثل بمحورين كما هو في شكل (٣-٧٣).



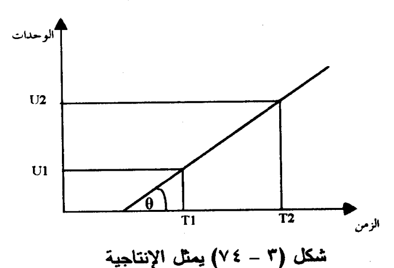
شكل (٣-٧٣) تمثيل الإنتاج في طريقة خط الاتزان

المحور الرأسي يمثل عدد الوحدات التي تم الانتهاء منها والمحـــور الأفقـــي يمثل الزمن. وبين المحورين يمكن تمثيل معدل إنتاج الأطقم أو الانتهاء من عمـــل البنود المختلفة وبالتالي فإن ميل هذه العلاقة يمثل الإنتاجية حيث إن :

ميل هذه العلاقة = عدد الوحدات المنتجة ÷ الزمن اللازم للانتهاء منها

فمثلا: في الشكل السابق فإن معدل الإنتاج = ٤ ÷ ٣٠ = ٠,١٣ وحدة/أسبوع

ويمكن تبسيط هذه الفكرة كما في شكل (٣-٧٤).



شكل (٣ – ٧٤) يمثل الإنتاجية

عند الزمن T1 مطلوب الانتهاء من عدد U1 من الوحدات.

عند الزمن T2 مطلوب الانتهاء من عدد U2 من الوحدات.

θ = زاوية ميل خط الاتزان على المحور الأفقي

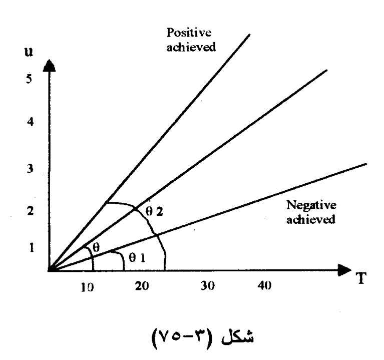
$$\tan\theta = (U2-U1)/(T2-T1)$$

$$U2 = U1 + (T2-T1)\tan\theta$$

فإذا علم قيمة U1 وزمن T1 والمعدل المطلوب للانتهاء من الوحدات فيمكن حساب عدد الوحدات المطلوب إنجازها عند زمن T2 أو تحديد الزمن الذي عنـــده سيتم الانتهاء من عدد U2 من الوحدات.

$$T2 = T1 + (U2-U1)/\tan\theta$$

وبالتالي: أي اختلاف بين ما تم إنجازه فعلا عند أي قيمة زمنية وبين ما تـــم التخطيط لإنجازه عند هذه القيمة الزمنية يعني انحراف عن المخطط، وقـــد يكـــون بالنقص أي أن($\theta1 > \theta$) أو بالزيادة أن ($\theta > \theta2$) كما في شكل (٣-٧٥).



شكل (٣-٧٥)

وبالتالي يلاحظ أن طريقة خط الاتزان تستخدم بكفاءة عالية لتحديـــد موقـــف الإنتاجية ومتابعتها في أي وقت من أوقات المشروع ومعرفة ما إذا كـــان يتماشـــى مع المخطط أو يسبقه أو يقل عن المعدل المطلوب. وبالتالي يســـهل أخـــذ القـــرار اللازم لعلاج أي تأخير حدث في الإنتـــاج أو فـــي توريـــد المـــواد إلـــي مواقـــع التشييد.ومن الاستخدامات الهامة لهذا النوع من التخطيـــط دراســـة تـــأثير البدائـــل المختلفة علي عمليات الإنتاج وبالتالي علي الزمن النهائي للمشروع. وكذلك دراســـة تأثير أي من الأحداث الغير متوقعة التي قد يتعرض لها المشـــروع أثنـــاء مرحلـــة التنفيذ وتأثير هذا الحدث علي معدل الإنتاج وبالتالي علي الزمن الكلي للمشروع.

والمثال التالي يشرح الخطوات الواجب اتباعها لتشييد عدد خمســـون برجـــا لنقل الطاقة الكهربائية بين المدن قد تم اقتباسه من بحث الدكتوراه الخاص بـــالمؤلف عام ١٩٨٧م.

١-تبدأ عملية التخطيط بتقسيم أحد الوحدات إلي مجموعة من البنود أو الأنشطة والتي غالبا ما تكون متتالية كما شكل (٣-٧٦).

تثبيت العوازل — تركيب الأذرع — تركيب البرج — أعمال الأساس — أعمال الحفر

شكل (٣-٧٦) تقسيم أحد وحدات المشروع إلى عدة أنشطة

٢- تقدير الطاقة اللازمة لعمل كل بند أو نشاط وفي هذا المثال تم تقدير هذه الطاقة (بالرجل. ساعة) كما هو بالجدول التالي:

الطاقة اللازمة لإنجاز البند (رَجل.ساعة)	اسم النشاط
56	أعمال الحفر
58	أعمال الأساسات
160	تركيب البرج
100	تركيب الأذرع أعلى البرج
25	تثبيت العوازل

بفرض أن عدد أيام العمل الأسبوعي هو ٥ أيام.

بفرض أن ساعات العمل اليومي هو ٨ ساعات.

٣ - افتراض ترك فترات سماح بين البنود وذلك لتغطية أي مخاطر أو عقبات قد يتعرض لها المشروع أثناء التنفيذ كما هو مبين في الشكل (٣-٧٧).

تثبيت ٢يوم تركيب ٢يوم تركيب ٢يوم أعمال ٢يوم أعمال

شكل (٣-٧٧) ويبين افتراض فترات السماح

٤ – حساب معدل الإنتاجية اللازم لتحقيق الزمن المتاح لإنجاز المشروع في موعده وهو في هذه الحالة تم افتراضه (٦أبراج/أسبوع).

٥ – يتم بناءا علي ما سبق استكمال جدول المشروع والذي يحتوي علي الصفوف التالية:

*–الصف الأول ويشمل علي تعريف الأنشطة.

*–الصف الثاني ويشمل علي الطاقة اللازمة لإنهاء كل بند كما سبق افتراضه.

*–الصف الثالث ويشمل علي العدد الأمثل المفترض من العمال في كل طقم عمل.

*–الصف الرابع ويشمل علي العدد النظري المفترض من العمال في كل طقم لتحقيق الإنتاجية المطلوبة وهي ٦ أعمدة في كل أسبوع ويمكن الحصول عليها من العلاقة التالية:

(عدد الأعمدة اللازم الانتهاء منها أسبوعيا × الطاقة اللازمة للعمود الواحد) ÷ عدد ساعات العمل الأسبوعي.

فمثلا أعمال الحفر (العدد النظري) = (٦×٥٦) ÷ (٥×٨) = ٨,٤ عاملا.

أعمال الأساسات (العدد النظري) = (٦×٥٨) ÷ (٥×٨) = ٨,٧ عاملا.

أعمال الأبراج (العدد النظري) = (٦×١٦٠) ÷ (٥×٨) = ٢٤ عاملا.

– الصف الخامس بناءا علي عدد العمال النظري اللازم لإنهاء البند والـــذي سبق حسابه في الصف الرابع يتم تقريب العدد كمضاعفات لعدد العمال الأمثل فـــي كل طقم وذلك لتجنب كسور العمال.

فمثلا في البند الأول يتم تقريب الرقم ٨,٤ إلي العدد ٨ أي يقابل طقمين.

فمثلا في البند الثاني يتم تقريب الرقم ٨,٧ إلي العدد ٨ أي يقابل طقمين.

فمثلا في البند الثالث يتم تقريب الرقم ٢٤ إلـــي العـــدد ٢٤ أي يقـــابل ٣ أطقم.

فمثلا في البند الرابع يتم تقريب الرقـــم ١٥ إلـــي العـــدد ١٦ أي يقـــابل طقمين.

فمثلا في البند الخامس يتم تقريب الرقم ٤,٥ إلي العدد ٥ أي يقابل طقمـــا واحدا.

• الصف السادس وبناءا علي تحديد عدد الأطقم في كل بند يتم حســـاب الإنتاجيـــة الحقيقية من المعادلة التالية:

الإنتاجية الحقيقية = (حجم الطقم الحقيقي) ÷ (حجـــم الطقـــم النظـــري) × الإنتاجية

فمثلا في البند الأول: الإنتاجية الحقيقية = (٨)÷(٨,٤) ×٦ = ٥,٧ عمودا

البند الثاني الإنتاجية الحقيقية = (٨) ÷(٨,٧) ×٦ = ٥,٥٢ عمودا

البند الثالث الإنتاجية الحقيقية = (٢٤) ÷ (٢٤) × ٦ = ٦,٠ عمودا

البند الرابع الإنتاجية الحقيقية = (١٦) ÷(١٥) × ٦ = ٦,٤ عمودا

البند الخامس الإنتاجية الحقيقية = (٥)÷(٤,٥) × ٦ = ٦,٦٦ عمودا

• الصف السابع حساب زمن كل بند من المعادلة التالية:

زمن البند = (الطاقة اللازمة لإنهاء البند) ÷ (عدد عمال الطقم الواحد التـي تعمل في البند)(عدد ساعات العمل اليومي).

فمثلا البند الأول: الزمن = ٥٦ ÷(٨×٤) =١,٧٥ يوما

البند الثاني: الزمن = ٥٨ ÷(٨×٤) =١,٨ يوما

البند الثالث: الزمن = ١٦٠ ÷(٨×٨) =٢,٥ يوما

البند الرابع: الزمن = ١٠٠ ÷(٨×٨) =١,٥٦ يوما

البند الخامس: الزمن = ٣٠ ÷(٨×٥) =٠,٧٥ يوما

* الصف الثامن حساب الفترة الزمنية باليوم لكل بند من بداية عمل العمـــود الأول وحتى بداية عمل آخر عمود كهرباء، وهو عبارة عن المسقط الأفقي لخط الاتزان.

الفترة الزمنية باليوم = (عدد الأعمدة-١)(عدد أيام العمل الأسبوعي) ÷ميـــل خط الاتزان أو الإنتاجية الحقيقية

فمثلا الفترة الزمنية للبند الأول = (٤٩ × ٥) ÷٥,٧ = ٤٢,٩٨ يوما

الفترة الزمنية للبند الثاني = (٤٩ ×٥) ÷٥,٥٢ = ٤٤,٤ يوما

الفترة الزمنية للبند الثالث =(٤٩ ×٥) ÷٦ = ٤٠,٨٣ يوما

الفترة الزمنية للبند الرابع =(٤٩ × ٥) ÷٦,٤ = ٣٨,٣ يوما

الفترة الزمنية للبند الخامس=(٤٩ ×٥) ÷٦.٦٦ = ٣٦,٧٩ يوما

* الصف التاسع حساب بداية كل بند وهو عبارة عن بداية البند السابق لـــهذا البند + زمن البند السابق + فترة السماح بينهما.

فمثلا: بداية البند الأول = صفر

بداية البند الثاني = صفر + ١,٧٥ + ٢ = ٣,٧٥ يوما.

بداية البند الثالث = ١,٨+٣,٧٥ +٣ = ٨,٥٥ يوما.

بداية البند الرابع = ٢,٥+٨,٥٥ +٣ = ١٤,٠٥ يوما.

بداية البند الخامس = ١٤,٠٥ +١,٥٦ +٢ = ١٧,٦١ يوما.

*- الصف العاشر حساب نهاية كل بند وهو عبارة عن العلاقة التالية:

نهاية كل بند= بداية البند + زمن الصف الثامن + زمن البند

فمثلا: نهاية البند الأول = صفر + ٤٢,٩٨ + ١,٧٥ = ٤٤,٧٣ يوما.

نهاية البند الثاني = ٣,٧٥ + ٤٤,٤ + ١,٨ = ٤٩,٩٥ يوما.

نهاية البند الثالث = ٨,٥٥ + ٤٠,٨٣ +٢,٥ = ٥١,٨٨ يوما.

نهاية البند الرابع = ١٤,٠٥ + ٣٨,٣ +١,٥٦ = ٥٣,٩١ يوما.

نهاية البند الخامس = ١٧,٦١ + ٣٦,٧٩ + ٠,٧٥ = ٥٥,١٥ يوما.

وذلك موضح في الجدول التالي:

رقم الصف	اسم البند (النشاط)	أعمال الحفر	أعمال الأساسات	تركيب الأبراج	تركيب الأذرع	تثبيت العوازل
١	الوصف					
٢	الطاقة اللازمة لإنهاء البند	56	58	160	100	30
٣	العدد الأمثل للعمال	4	4	8	8	5
٤	العدد النظري للعمال	8.4	8.7	24	15	4.5
٥	العدد الحقيقي للعمال	8	8	24	16	5
٦	الإنتاجية الحقيقية	5.7	5.52	6	6.4	6.66
٧	زمن البند	1.75	1.8	2.5	1.56	0.75
٨	المسقط الأفقي لزمن البند	42.98	44.4	40.83	38.3	36.79
٩	بداية البند	0.0	3.75	8.55	14.05	17.61
١٠	نهاية البند	44.73	49.95	51.88	53.91	55.15

٣-٣: توزيع الموارد Resource Allocation

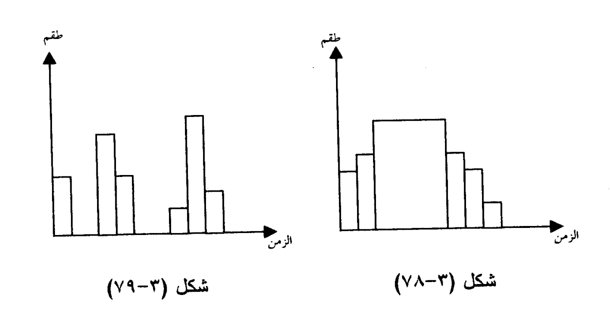
بمجرد الانتهاء من تخطيط المشروع بأي من الطرق السابق التعرض لها بالشرح والإيضاح (L.O.B – C.P.M – Bar Chart) لا ينسي المخطط أن هذا التخطيط قد تم بافتراض أن جميع الموارد متوافرة في جميع الأوقات وبالأعداد المطلوبة، وهذا الافتراض غير منطقي مما يستلزم عمل علاقة بين الزمن واحتياج المشروع من الموارد المختلفة في صورة توزيع تكراري (Histogram)، والتأكد من أن الحد الأعلى من احتياجات المشروع للموارد المختلفة لا يتعدى أقصي عدد من الموارد المتاحة بالموقع في كل الأزمنة.

فإذا وجد أن هذا الشرط متحقق يبدأ المخطط في عمل انسيابية في استخدام الموارد (Resource Smoothing) مما يرفع من كفاءة استخدام الموارد وخاصة الموارد مرتفعة التكلفة (Expensive Resources) أو الموارد النادرة (Scarce Resources)، مع ملاحظة أن كثيرا من الموارد قد تعمل مع أكثر من نشاط في نفس الوقت وخاصة المعدات مما يستدعي عمل أولويات عند احتياج عدة أنشطة لنفس المعدة في نفس الوقت، وبالطبع تعطى الأولوية للأنشطة الحرجة أولا حتى لا يتسبب أي تأخير لها في تأخير المشروع كما سبق بيانه. ومما يجب عمله في هذه المرحلة أيضا هو عمل تسوية لاستخدام الموارد (Resource Leveling) وكل من تسوية الموارد وانسيابيتها يساعد كثيرا في رفع كفاءة استخدام الموارد وخاصة النادرة منها ولذلك سوف نتعرض لكل منها بشيء من التفصيل فيما يلي:

تسوية الموارد Resource Leveling

والمقصود بتسوية الموارد هو توزيع الموارد علي الأنشطة بطريقة تتجنب وجود فجوات بين احتياجات المشروع للمورد. وأيضا بطريقة تجعل التوزيع التكراري لاستخدام المورد يزداد تدريجيا حتى يصل إلي أعلي قيمة له ثم يقل تدريجيا حتى يصل إلي الصفر أي

يأخذ شكل الجرس (Bill Shape) كما هو في شكل (٣-٧٨) & (٣-٧٩).



شكل (٣-٧٨) شكل (٣-٧٩)

فمثلا: يلاحظ من الرسم السابق الذي يوضح العلاقة بين زمن المشروع وعدد أطقم العمل المستخدمة أن التوزيع الأيمن(٣-٧٨) يحقق استخداما أفضل لأطقم العمل من التوزيع الأيسر (٣-٧٩)، وبالتالي إنتاجية أفضل. وبالمقارنة أيضا بين كل من التوزيع في الحالتين يمكن استخراج الملاحظات التالية:

١ – تغيب جزء من أطقم العمل عن الموقع بسبب عدم الحاجة إليهم خلال فترة زمنية مؤقتة. ثم عودتهم إلي الموقع مرة أخري (سواء نفس الأطقم أو غيرهم) يؤدي إلي كثير من العيوب مثل:

أ – قلة الإنتاجية بسبب استغراق جزء من الوقت حتى يتم التأقلم مع ظروف الموقع.

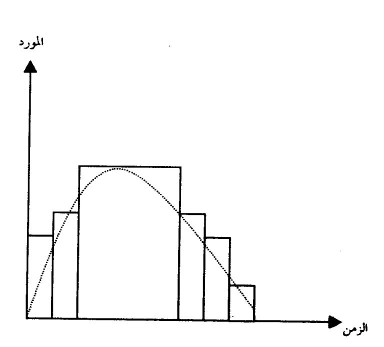
ب – استغراق جهد ووقت من مسئولي أطقم العمل حتى يتم ضبط الإنتاجية بسبب تغيير أطقم العمل بين فترة وأخرى.

ج– من المعلوم أن هناك علاقة بين إنتاجية أطقم العمل وعدد مرات إجراء نفس العمل وهو ما يطلق عليه منحنى التعلم (Learning Curve). ولذلك

ترك العمل والعودة إليه حتى لو كان نفس طقم العمل يؤثر علي العمـــل بصورة سلبية.

٢- إذا تم ترك بعض أطقم العمل بالموقع دون الحاجة إليهم أو إذا كان الاحتيـــاج الفعلي أكثر من أطقم العمل المتوفرة ففي كلتا الحالتين فـــإن كفـــاءة اســـتخدام الموارد تتأثر بصورة سلبية.

٣- أفضل كفاءة لاستخدام الموارد يتم الحصول عليها بمحاولة بدأ العمـــل بعـــدد قليل من الأطقم ثم زيادة هذا العدد تدريجيا حتى يصل المشروع إلـــي أقصـــي عدد من الأطقم، ثم يقل العدد تدريجيا إلي أن ينتهي المشروع، وهذا ما يطلـــق عليه شكل الجرس في توزيع الموارد كما هو في الشكل التالي الـــذي يعطـــي أعلي كفاءه في استخدام الموارد وبالتالي أفضل إنتاجية.



شكل (٣-٨٠) الشكل الذي يعطي أعلي كفاءة

٤- من الملاحظات الهامة أيضا في هذا المجال أن التوزيع الجيد كما سبق شـــرحه في الخطوة السابقة يجنب المشروع ازدحام الموقع بأطقم العمل والمعدات قـــرب

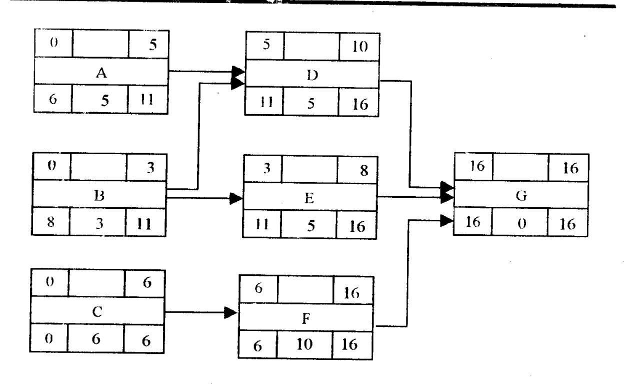
نهاية مرحلة التنفيذ وذلك بسبب ضيق المساحة المتاحة بعد الانتهاء من كثير من الأعمال.

ولإجراء عمليات تسوية الموارد (Resource Leveling) هناك طرق مختلفة ولكن أبسطها طريقة المحاولة والخطأ وذلك باستغلال فترات السماح للأنشطة الغير حرجة لتسوية الموارد مع المحافظة علي زمن المشروع وفي نفس الوقت عدم الاحتياج لأطقم عمل زائدة عن الحد الأقصى المتوفر للموقع.

المثال التالي يوضح هذه الطريقة:

المطلوب توزيع العمالة التالية علي الأنشطة المكونة للمشروع المبين طبقا للجدول المرفق علي ألا يزيد عدد العمال في أي وقت من أوقات المشروع عن ١٣ عاملاً.

اسم البند	زمن البند	الاعتمادية
A	5	–
B	3	–
C	6	–
D	5	A&B
E	5	B
F	10	C
G	0.0	D&E&F



شكل (٣-٨١) يمثل البنود بطريقة المسار الحرج

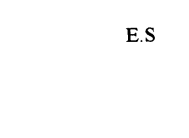
ولتوزيع العمالة يتم اتباع الخطوات التالية:

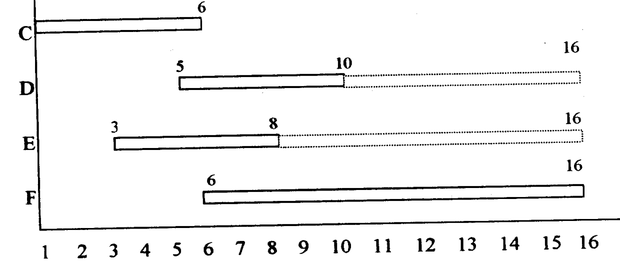
١ – نبدأ أولا بتوزيع المورد بإعطاء الأنشطة الحرجة (C & F) ما تحتاجه وذلك للمحافظة علي زمن المشروع. ويمكن الاستعانة برسم الأنشطة علي محوري Bar Chart مع إيضاح فترات السماح في شكل خطوط متقطعة ورسم التوزيع التكراري في كل من حالتي البداية المبكرة والبداية المتأخرة كما يلي:

الحـل

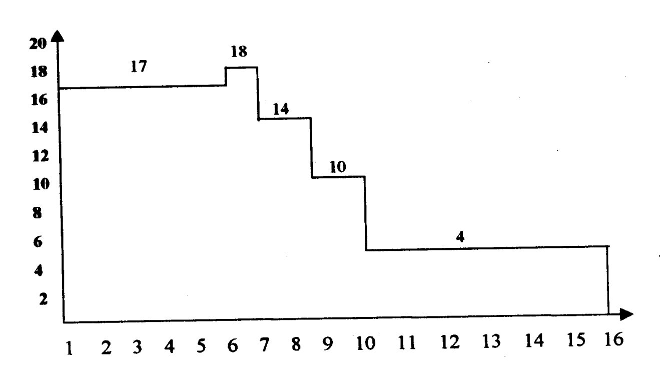
١ – يبدأ المخطط بتوزيع المورد محافظاً علي زمن المشروع وذلك بإعطاء الأنشطة الحرجة (C & F) ما تحتاجه من هذا المورد أولا ويمكن الاستعانة برسم الأنشطة علي محوري Bar Chart مع وضع فترات السماح في شكل خطوط متقطعة كما يلي : –

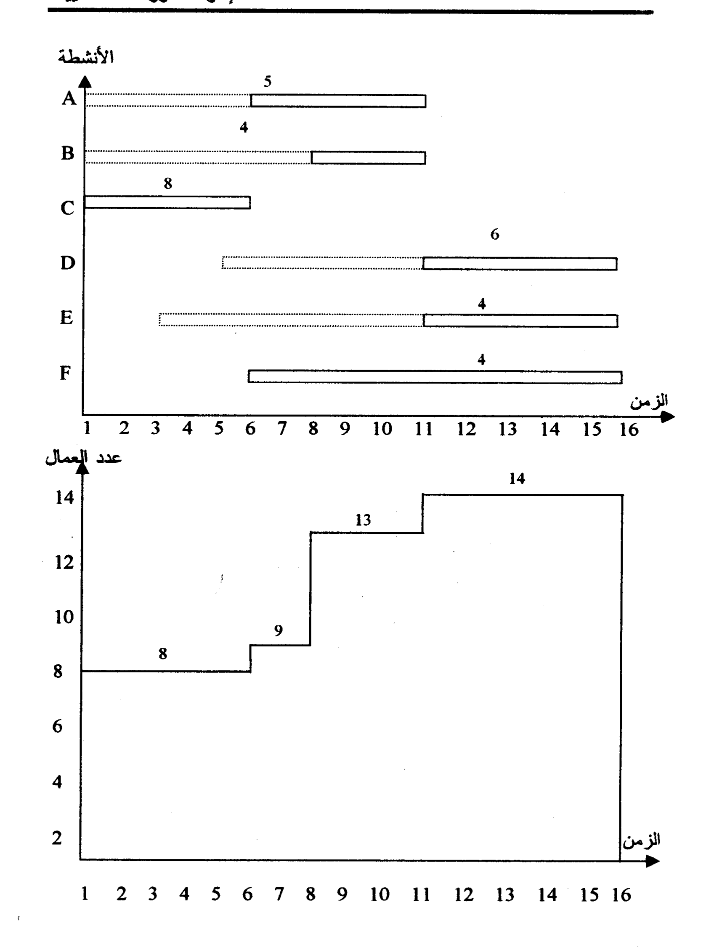



E.S


A
B
C
D
E
F
البداية المبكرة
5
11
3
11
6
5
10
16
3
8
16
6
16
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

عدد العمال


20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
17
18
14
10
4
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16


الأنشطة
A
B
C
D
E
F
5
4
8
6
4
4
الزمن
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
عدد العمال
14
12
10
8
6
4
2
8
9
13
14
الزمن
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

٢ – بعد توزيع المورد علي الأنشطة طبقا لاحتياجات كل منها في كل من حـــالتي البداية والنهاية المبكرة والبداية والنهاية المتأخرة ينتج من التوزيع المبيـــن: أن هناك فترات يزيد فيها احتياج المشروع عن الحد الأقصى وهـــو ١٣ عـــاملا، لذلك يبدأ المخطط بعمل تسوية للموارد باستخدام ما يطلق عليه جدول العمـــل (Work Sheet) كما يلي:

اسم البند	زمن البند	احتياج البند	أيام العمل															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	5	5	◄										►					
B	3	4	◄										►					
C	6	8	8	8	8	8	8	8										
D	5	6						◄										►
E	5	4				◄												►
F	10	4							4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

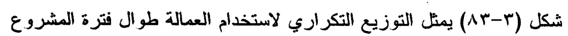
جدول العمل مبين به احتياج الأنشطة الحرجة فقط

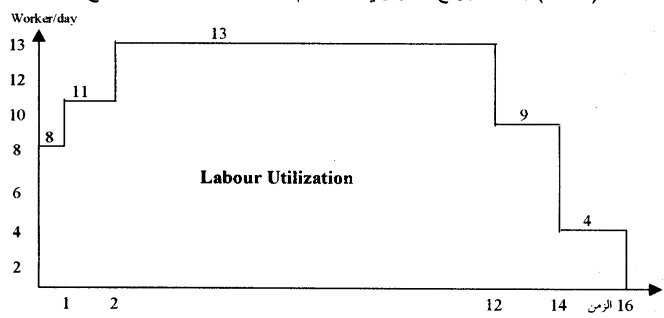
٣ – وبعد إعطاء الأنشطة الحرجة ما تحتاجه من المورد يبدأ المخطط في محاولـــة توزيع الموارد علي بقية الأنشطة مع المحافظة علي عدم زيادة الاحتياج عـــن الحد الأقصى (١٣ عاملا) وذلك باستغلال فترات الســـماح للأنشـــطة الغـــير حرجه كما هو مبين بالجدول التالي:

اسم البند	زمن البند	احتياج البند	أيام العمل															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
A	5	5	5	5	5	5	5	◄					►					
B	3	4	◄							►	4	4	4					
C	6	8	8	8	8	8	8	8										
D	5	6						◄					►	6	6	6	6	6
E	5	4							4	4	4	4	4	◄				►
F	10	4							4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
عدد العاملين في الموقع			13	13	13	13	13	8	8	8	12	12	12	10	10	10	10	10

٤ – يلاحظ من التوزيع السابق أن المشروع قد بدأ بعدد ١٣ عاملا لفترة خمسة أيام ثم ثمانية عمال لفترة ثلاثة أيام. ثم اثني عشر عاملا لفترة ثلاثة أيام. وأنهي المشروع بعدد عشرة عمال ولفترة زمنية مقدارها خمسة أيام ولكن هناك توزيع أفضل لهذا المورد، وذلك بزيادة أزمنة الأنشطة الغير حرجة في حدود فترات السماح مع المحافظة علي الطاقة الإجمالية لاحتياج كل نشاط، وكذلك المحافظة علي عدم زيادة الحد الأقصى من العمال عن ١٣ عاملا وذلك كما يتضح من الجدول التالي والمبين في شكل (٣ ــ ٨٣).

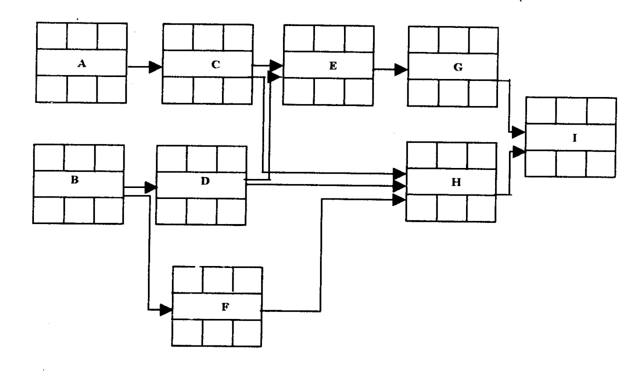
اسم النشاط	زمن النشاط	احتياج النشاط	أيام العمل																الطاقة الكلية
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
A	5	5	←	3	3	3	3	3	5	5	→								25
B	3	4	←		2	2	2	2	4	→									12
C	6	8	8	8	8	8	8	8											48
5	5	6						←			5	5	5	5	5	5			30
E	5	4				←				4	4	4	4	4					20
F	10	4							4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40
عدد العاملين في الموقع			8	11	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	9	9	4	4	175


شكل (٣-٨٣) يمثل التوزيع التكراري لاستخدام العمالة طوال فترة المشروع



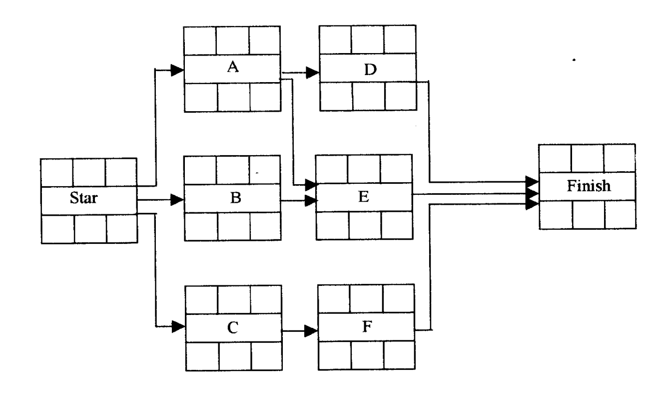
مسائل وتمارين

١- المطلوب في المشروع التالي توزيع أطقم العمل المبينة في الجـــدول المرفــق علي أنشطة المشروع بحيث لا يزيد الاحتياج في أي من أيام المشـــروع عــن ١٠ أطقم.



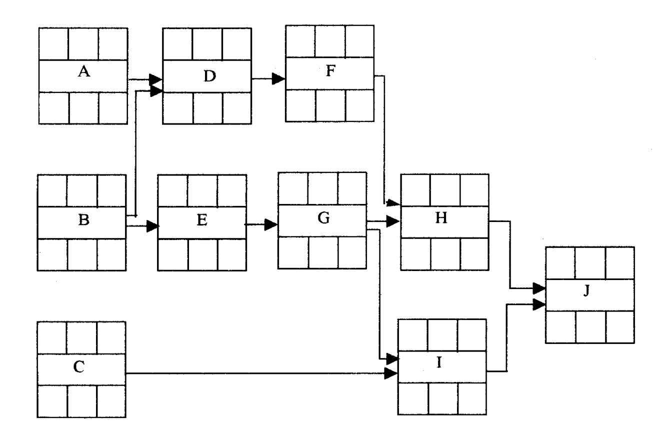
اسم النشاط	زمن النشاط	احتياج النشاط من الأطقم
A	3	2
B	4	2
C	6	5
D	7	4
E	4	3
F	10	3
G	2	2
H	6	3
I	2	3

٢ – المطلوب توزيع المورد المبين في جدول المشروع التالي علي الأنشطة علـــي ألا يزيد الاحتياج من هذا المورد في أي من أيام المشروع عن ٩ وحدات.



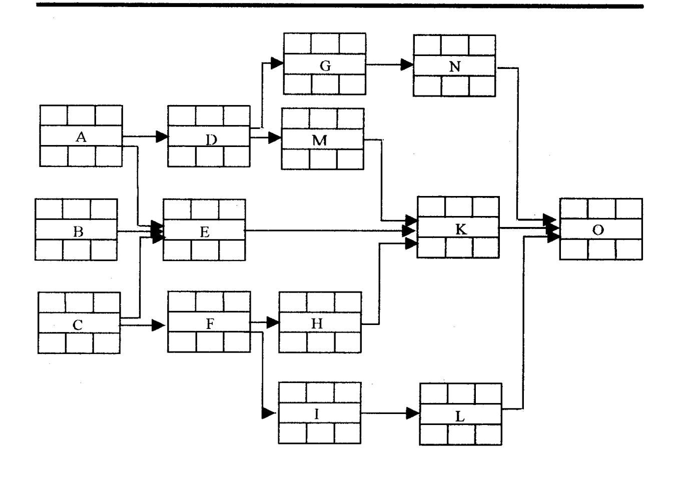
اسم النشاط	زمن النشاط	احتياج النشاط من المورد
A	3	5
B	6	4
C	4	4
D	3	3
E	6	4
F	2	6

٢- المطلوب توزيع المورد المبين في الجدول التالي وطبقا للعلاقة الشـــبكية بيـــن الأنشطة علي ألا يزيد احتياج المشروع في أي يوم من أيام المشروع عــــن ٨ وحدات.



اسم النشاط	زمن النشاط	احتياج النشاط من المورد
A	3	4
B	5	4
C	6	5
D	5	3
E	3	2
F	5	4
G	3	3
H	2	3
I	3	3
J	0	0

٤ – المطلوب توزيع المورد التالي علي شبكة الأنشطة المبينة علي ألا تزيد حاجـــة المشروع من هذا المورد عن ١٠ وحدات في أي يوم من أيام المشروع.



احتياج النشاط من المورد	زمن النشاط	اسم النشاط
3	4	A
5	2	B
4	4	C
4	5	D
1	4	E
4	2	F
3	3	G
3	2	H
4	3	I
3	4	K
6	3	L
4	4	M
4	2	N
0	2	O

٣-٤: استخدام الحاسبات في تخطيط وبرمجة مشروعات التشييد

مما لا شك فيه أن مجال صناعة التشييد لابد من أن يستفيد من التقدم السريع في علوم الحاسبات، ومن الإمكانات الهائلة التي توفرها تلك الآلة. وخاصة قدرتها العظيمة علي حفظ المعلومات والبيانات والسرعة والدقة في معالجة وتجنب أي تداخل لتلك البيانات وهذا بالإضافة إلي الذاكرة الهائلة القادرة علي تخزين واسترجاع المعلومات بسرعة فائقة مما أدي إلي ظهور العديد من برامج الحاسبات التي تخدم في مجال تخطيط وبرمجة مشروعات التشييد.

ومن أهم المميزات التي يوفرها استخدام الحاسبات في هذا المجال هو القدرة الهائلة علي تناول عدد كبير جدا من الأنشطة قد يصل إلي عدة آلاف، هذا بالإضافة إلي تناول عدد كبير أيضا من الموارد في نفس الوقت. ومما سبق شرحه في المراحل السابقة. من هذا الباب يلاحظ أن قدرة الإنسان علي ترتيب الأنشطة وتداخلها وتوزيع الموارد المتاحة علي هذه الأنشطة، وحساب الأزمنة المبكرة والمتأخرة لكل منها وتقدير زمن المشروع وحساب التكلفة وربطها بالزمن كل هذا الكم الكبير من العمل يجعل قدرة الإنسان محدودة في هذا المجال بتناول عدد قليل من الأنشطة قد لا يتعدى الثلاثين نشاطا وعددا محدودا أيضا من الموارد. فإذا أخذنا في الاعتبار التطور السريع في تقنية صناعة التشييد، بالإضافة إلي الزيادة الرهيبة في حجم المشروعات وخصوصية كل منها قادنا ذلك إلي الحكم بضرورة الاستعانة باستخدام الإمكانات الهائلة التي يوفرها الحاسب الآلي في هذا المجال .

إن تداخل زمن التنفيذ مع الموارد مع التكلفة في عمليات تخطيط مشروعات التشييد من الناحية العملية يؤدي إلي التعرض إلي كثير من المغيرات (Variables). فإذا أضفنا إلي ذلك تغيرات الأحوال والظروف الطبيعية أثناء مرحلة التنفيذ والتي يجب أن ينظر لها بعين الاعتبار أثناء مرحلة التخطيط مثل دراسة المخاطر (Risk Studies) كتغير الأحوال الجوية – عوائق أعمال الحفر – تغيب العمال أو عطل

بعض المعدات الهامة، أو نقص بعض منها بسبب أعمال الصيانة. فإن كل ذلك بلا أدني شك سوف يؤثر علي كل من زمن وتكلفة المشروع.

يؤدي ذلك كله إلي ضرورة استخدام نظرية المحاكاة (Simulations) أو الافتراضات وذلك لبحث ودراسة توابع حدوث أي من المخاطر المتوقع حدوثها قبل أن تقع وتأثير كل منها علي زمن وتكلفة وجودة المشروع. وهذا لا يتم بل من المستحيل أن يتم علي الوجه الصحيح دون استخدام برامج الحاسبات التي تساعد علي تناول كل هذه الافتراضات وتحليلها وتوفر للمخطط سرعة هائلة في دراسة البدائل المختلفة، وتأثير كل منها حتى لو حدث تداخل بينها.

ومع انتشار الحاسبات الصغيرة وانخفاض تكلفتها فإنه من المستحسن اقتناء هذه الأجهزة واستخدامها علي أوسع نطاق في مجال صناعة التشييد وخاصة لربط المواقع بالإدارة العليا مما يسهل عمليات المتابعة، وسرعة اتخاذ القرار في الوقت المناسب وعلي أسس علمية جيدة.

وهناك الكثير من برامج الحاسبات التي تستخدم حاليا في تخطيط ومتابعة مشروعات التشييد ويوفر معظمها للمخطط الخدمات التالية:

١ – إعداد البرامج الزمنية مع إظهار الأنشطة الحرجة والمسار الحرج وفترات السماح لجميع الأنشطة ورسم الشبكة التخطيطية.

٢ – توزيع الموارد علي الأنشطة.

٣ – عمل منحنيات التوزيع التكراري للموارد المختلفة وحساب كفاءة استخدام كل منها.

٤ – ضبط الموارد وانسيابيتها لرفع كفاءة الاستخدام بقدر المستطاع .

٥ – حساب تكلفة البنود المختلفة والتكلفة الكلية للمشروع ورسم منحنى التدفق المالي (Cash Flow).

٦ – عمل مراقبة للمصروفات (Cost Control).

٧ – رسم العلاقة بين زمن وتكلفة التنفيذ للبدائل المختلفة (Cost Time Relationship).

٨ – دراسة وتحليل المخاطر وتأثير كل منها علي زمن وتكلفة المشروع (Risk Analysis).

وهناك من البرامج الحديثة من يقوم بالإضافة إلي ما سبق بعمل تحليل شبكي للمؤثرات الغير مرئية أو للمخاطر الغير متوقعة ورسم علاقة هذه المخاطر بكل من زمن وتكلفة المشروع. ويلاحظ أن هذه البرامج مازالت في مرحلة التطوير والتحسين والإضافة وذلك بغرض خدمة كل من المالك والمقاول والاستشاري وتقديم الأفكار المختلفة وتحسين الأداء وتسهيل وسرعة أخذ القرار .

<u>والمثال التالي يشرح استخدام الحاسب الآلي في إعداد البرنامج الزمني وتحديد المسار الحرج لأحد المشاريع البسيطة:</u>

هذا المثال عبارة عن مشروع مبني سكني بسيط يتكون من دور أرضي ودور أول. والمطلوب عمل برنامج زمني لتنفيذ هذا المشروع باستخدام أحد برامج الحاسب الآلي مع شرح جميع المراحل المستخدمة، وطريقة تجهيز وإدخال المعلومات وشرح كيفية الحصول علي التقارير من البرنامج.

وقبل البدء في عملية إدخال البيانات للحاسب الآلي يجب علي المخطط تجهيز جميع المعلومات المطلوبة بالطريقة المناسبة للبرنامج المستخدم وذلك لأن لكل برنامج ما يميزه من ناحية المعلومات المطلوبة وطرقة إدخال البيانات وعدد الأنشطة التي يمكن للبرنامج أن يتناولها وكذلك العدد الأقصى من الموارد التي يمكن للبرنامج استيعابها وكذلك هناك حدود لكل برنامج من ناحية التقارير المستخرجة منه.

وعلي المخطط أن يختار البرنامج الملائم للمشروع والذي يلبي احتياجاته (من ناحية طبيعة المشروع وحجمه وعدد أنشطته وعدد الموارد المستخدمة

والتقارير المطلوبة). وفي هذا المثال سوف يتم استخدام برنامج (Primavera Project Planner) لتخطيط هذا المشروع وإعطاء فكرة للقارئ عن كيفية إعداد البيانات وإدخال المعلومات والحصول علي التقارير اللازمة وبصفة عامة فإن معظم البرامج المستخدمة في هذا المجال لن تختلف كثيرا عن بعضها أما الخبرة بكاملها في هذا العمل فإنها تحتاج دون شك إلي دراسة وتدريب وإحاطة شاملة بما يتوفر في هذا المجال من خدمات كبيرة أما في هذا المثال البسيط فسوف يكتفي بشرح الأمور التي تفي بالغرض.

أولا: تجهيز المعلومات والبيانات اللازمة

حيث إن هذا المشروع يتكون من مبني بسيط من دور أرضي ودور أول فقد تم تقسيم المشروع إلي تسعة وعشرون بندا وحساب الكميات لكل بند وافتراض معدلات التنفيذ وأطقم العمل اللازمة لإنجاز هذه المعدلات وذلك مبين في الجدول التالي:

رقم النشاط	اسم النشاط	الوحدة	الكمية	معدل التنفيذ	طقم العمل (فني/عامل)	ملاحظات
1	تجهيز الموقع	–	–	–	–	تقديري
2	أعمال الحفر	متر مكعب	100	2	1/2	
3	أعمال الأساسات وأعمدة الدور الأرضي					
	• خرسانة عادية	متر مكعب	10	4	2/2	
	• خرسانة مسلحة (أساسات–ميدات– أعمدة)	متر مكعب	86	25	5/6	

4	أعمال العزل والردم					
	• الردم	متر مكعب	60	1.4	2/2	
	• خرسانة عادية تحـــت الأرضية	متر مكعب	46	3.5	2/2	
	• طبقات عازلة	–	–	–	–	تقديري
5	أعمال المبـــاني للـــدور الأرضي	متر مربع	800	1.4	4/6	
6	سقف الأرضي	متر مكعب	66	18	4/6	
7	نضج خرســـانة الـــدور الأرضي	–	–	–	–	تقديري
8	أعمدة الدور الأول	متر مكعب	10	40	4/6	
9	مباني الدور الأول	متر مربع	800	1.4	4/6	
10	–	–	–	–	–	تقديري
11	سقف الدور الأول	متر مكعب	66	18	4/6	
12	نضج خرســـانة الـــدور الأول	–	–	–	–	تقديري
13	مباني الدروة	متر مربع	200	1.6	3/4	
14	فك شدة الدور الأول	–	–	–	–	تقديري
15	تركيب إطارات الأبـــواب والنوافذ	–	–	–	–	"
16	تمديد مواسير الكهرباء	–	–	–	–	"
17	تمديـــد مواســـير الميـــاه والصرف	–	–	–	–	"

18	أعمال السطح					
	• خرسانة عادية للميول	متر مكعب	35	3.5	2/2	
	• طبقات عازلة	متر مربع	300	–	–	تقديري
	• بلاط السطح	متر مربع	300	0.8	2/4	
19	لياسة الدور الأرضي(داخلي)	متر مربع	800	1.5	3/6	
20	أعمال الواجهات					
	• لياسة خارجية	متر مربع	1000	2	6/3	
	• الرش الخارجي	–	–	–	–	تقديري
21	لياسة الدور الأول (داخلي)	متر مربع	800	1.5	3/6	
22	أعمال تبليط الدور الأرضي					
	•بلاط موزايكو للأرضيات	متر مربع	300	0.8	2/2	
	• سيراميك حمامات ومطابخ	متر مربع	40	2	1/1	
	• قيشاني لجدران الحمامات	متر مربع	130	2	2/2	
23	أعمال تبليط الدور الأول					
	• موزايكو للأرضيات	متر مربع	300	0.8	2/2	
	• سيراميك للحمامات والمطابخ	متر مربع	40	2	1/1	
	• قيشاني لجدران الحمامات	متر مربع	130	2	2/2	

24	تركيب الأبواب والنوافذ	–	–	–	–	تقديري
25	أعمال الكهرباء	–	–	–	–	"
26	أعمال الدهانات					
	دهانات الدور الأرضي	متر مربع	900	1	3/6	
	دهانات أبـــواب الـــدور الأرضي	متر مربع	100	2	3/4	
	دهانات الدور الأول	متر مربع	900	1	3/6	
	دهانات أبـــواب الـــدور الأول	متر مربع	100	2	3/4	
27	التركيبات الصحية	–	–	–	–	تقديري
28	التركيبات الكهربائية	–	–	–	–	"
29	نظافة الموقع	متر مكعب	66	18	4/6	

باستخدام المعلومات التي بالجدول السابق يمكن حساب مدة التنفيـــذ بالأيـــام لكل بند.وذلك بقسمة الكمية علي معدل التنفيذ في عـــدد الأطقـــم وذلـــك باســـتخدام العلاقة التالية:

الزمن اللازم لإنجاز العمل (بالأسبوع)= الكمية× معدل التنفيذ(رجل-ســـاعة ÷ عدد أيام العمل الأسبوعي×عدد ساعات العمل اليومي×عدد الأفراد)

= (ك × الزمن المقدر لإنجاز وحدة الكمية) ÷ (٦ × ٨ × عدد الأفراد).

= (ك × الزمن) ÷ (٤٨ × عدد الأفراد) .

= (ك × معدل التنفيذ) ÷ (٤٨ × عدد الأفراد).

الجدول التالي يبين معدل تنفيذ البنود بالأيام:

رقم البند	اسم البند	زمن البند بالأيام	ملاحظات
1	تجهيز الموقع	8	تقديرية
2	أعمال الحفر	8	
3	الأساسات وأعمدة الدور الأرضي	25	
4	أعمال العزل والردم	8	
5	المباني للدور الأرضي	14	
6	سقف الدور	15	
7	نضج خرسانة الدور الأرضي	12	تقديرية
8	أعمدة الدور الأول	5	
9	مباني الدور الأول	14	
10	فك شدة الدور الأرضي	2	تقديرية
11	سقف الدور الأول	15	
12	نضج خرسانة الدور الأول	12	تقديرية
13	مباني الدروة	7	
14	فك شدة الدور الأول	2	تقديرية
15	تمديد مواسير الكهرباء	14	تقديرية
16	إطارات الأبواب والنوافذ	10	تقديرية
17	تمديد مواسير المياه والصرف	24	تقديرية
18	أعمال السطح	18	
19	لياسة الدور الأرضي (داخلي)	17	

20	أعمال الواجهات	5	
21	لياسة الدور الأول (داخلي)	17	
22	تبليط الدور الأرضي	20	
23	" " الأول	20	
24	تركيب الأبواب والنوافذ	16	تقديرية
25	أعمال التسليك الكهربائية	10	تقديرية
26	أعمال الدهانات	32	
27	التركيبات الصحية	16	تقديرية
28	التركيبات الكهربائية	12	تقديرية
29	نظافة الموقع	12	تقديرية

وبمجرد الانتهاء من حساب الزمن اللازم لإنجاز كل بند يبدأ المخطط في ترتيب بنود المشروع وعلاقة كل بند بما يسبقه من البنود وهو ما يسمي بالاعتمادية أو (Dependences)

وذلك كما هو مبين بالجدول التالي:

رقم البند	اسم البند	زمن البند بالأيام	البنود السابقة	التداخل	طبيعة العلاقة
1	تجهيز الموقع	8	–	–	بداية مع نهاية
2	أعمال الحفر	8	1	٢مع البند١	بداية مع نهاية
3	الأساسات وأعمدة الدور الأرضي	25	2		بداية مع نهاية
4	أعمال العزل والردم	8	3		بداية مع نهاية
5	المباني للدور الأرضي	14	4		بداية مع نهاية

6	سقف الدور '	15	5		بداية مع نهاية
7	نضج خرسانة الـــدور الأرضي	12	6		بداية مع نهاية
8	أعمدة الدور الأول	5	6	2مع البند٦	بداية مع نهاية
9	مباني الدور الأول	14	8		بداية مع نهاية
10	فك شدة الدور الأرضي	2	7		بداية مع نهاية
11	سقف الدور الأول	15	1&9 0		بداية مع نهاية
12	نضج خرسانة الـــدور الأول	12	11		بداية مع نهاية
13	مباني الدروة	7	12	6 مع البند١٢	بداية مع نهاية
14	فك شدة الدور الأول	2	12		بداية مع نهاية
15	تمديد مواسير الكهرباء	14	14		بداية مع نهاية
16	إطـــارات الأبـــــواب والنوافذ	10	14		بداية مع نهاية
17	تمديد مواســير الميـــاه والصرف	24	14		بداية مع نهاية
18	أعمال السطح	18	13		بداية مع نهاية
19	لياسة الدور الأرضـــي (داخلي)	17	&15 &16 17		بداية مع نهاية
20	أعمال الواجهات	5	&13 16		بداية مع نهاية
21	لياســة الـــدور الأول	17	19		بداية مع نهاية

	(داخلي)				
22	تبليط الدور الأرضي	20	19		بداية مع نهاية
23	" " الأول	20	&21 22		بداية مع نهاية
24	تركيب الأبواب والنوافذ	16	23		بداية مع نهاية
25	أعمال التسليك الكهربائية	10	23		بداية مع نهاية
26	أعمال الدهانات	32	25		بداية مع نهاية
27	التركيبات الصحية	16	26		بداية مع نهاية
28	التركيبات الكهربائية	12	26		بداية مع نهاية
29	نظافة الموقع	12	&18 &20 &24 &27 28		بداية مع نهاية

وباستخدام الجدول السابق يمكن إدخال هذه المعلومات إلي البرنامج المستخدم واستخراج التقارير اللازمة عن المشروع، ويمكن اختصار خطوات إدخال هذه المعلومات فيما يلي:

١ – إدخال المعلومات الخاصة بالمشروع (Project Data) مثل:

أ – اسم المشروع واسم المالك.

ب – اسم الشركة (المقاول).

ج– الوحدة الزمنية المستخدمة (يوم – أسبوع – شهر).

د- زمن بداية ونهاية المشروع (اختياري).

هـ- عدد أيام العمل في الأسبوع.

و- تحديد العطلات السنوية الرسمية.

٢ - إدخال البيانات الخاصة بالأنشطة (Activity Data) مثل:

أ - إدخال اسم البند (Description)

ب- إدخال رقم كودي للبند.

ج- علاقة كل نشاط بالأنشطة السابقة أو اللاحقة له.

د - زمن كل نشاط.

هـ- احتياج كل نشاط من الموارد (عمالة ــ معدات ــ مــواد ــ مقــاول باطن).

٣ - إدخال البيانات الخاصة بالموارد (Resource Data) مثل:

أ - اسم المورد المطلوب.

ب- وحدة الأداء لهذا المورد (بالساعة-بالعدد-بالمسطح-بالمتر الكعب).

ج - تحديد نوع المورد (هل هو مورد حاكم أم لا) وهو المورد الذي يتحكم في زمن البند.

د - إدخال المعدل الطبيعي لتواجد الموارد بالموقع.

هـ- إدخال أقصى عدد من هذا المورد ممكن تواجده بالمشروع في نفس الوقت.

و - تكلفة المورد بالوحدة المستخدمة

المخرجات (Output)

يمكن استخراج الكثير من المعلومات وبسرعة فائقة جدا بعد مرحلة إدخـــال البيانات السابقة الخاصة بالمشروع . وهذه المخرجات تختلف من برنامج إلي آخــر ولكن وبصفة عامة يمكن إجمال أهم المخرجات فيما يلي:

١- الجداول الزمنية لبنود المشروع ومحـــدد بـــها البدايـــات والنـــهايات المبكـــرة والمتأخرة لكل بند وفترة السماح الكلي (T.F) وفترة السماح الجزئـــي (F.F) لهذه البنود وكذلك البنود الحرجة.

٢ – الرسم الشبكي للمشروع (Network).

٣ – الجدول البياني للمشروع (Bar Chart).

٤ – العلاقة الزمنية للموارد المختلفة وبالتالي التوزيع التكـــراري لاســـتخدام كـــل مورد وكفاءة الاستخدام.

٥ – منحنى التدفق المالي (Cash Flow).

٦ – دراسة علاقة زمن التنفيذ بتكلفة المشروع (Time/Cost Relationship).

٧ – دراسة وتحليل المخاطر التي قد يتعرض لها المشروع وكيفية التعامل معها.

٨ – تقارير مراقبة المصروفات (Cost Control).

وستظل برامج الحاسب الآلي تتطور لتقدم لمخططـــي برامـــج مشـــروعات التشييد المعلومات اللازمة في أوقات أقل وبدقة أكبر.

الباب الرابع

إدارة معدات التشييد

Management Of Construction Equipment

٤-١ مقدمة Introduction

إن التطور السريع في صناعة التشييد والزيادة الكبيرة في حجم المشروعات، واستخدام كثير من معدات التشييد التي تساهم إلي حد كبير في إنجاز الأعمال بدقة وجودة عالية ، أدي كل ذلك إلي ضرورة الاهتمام بدراسة السبل الكفيلة بالإدارة الناجحة لهذه المعدات والتحكم فيها ، وذلك بغرض رفع كفاءة استخدامها ، وبالتالي زيادة الإنتاجية وتقليل التكلفة .

ونري أن يتم ذلك من خلال التعرض للعناصر التالية:

- دراسة العوامل التي تؤخذ في الاعتبار عند اختيار معدات التشييد (وذلك بغرض مساعدة المهندس علي سهولة اختيار المعدة المناسبة للقيام بعمل معين).
- كيفية تقدير إنتاجيات معدات التشييد (وذلك من خلال دراسة كيفية حساب زمن الدورة للمعدات المختلفة ، وبالتالي سهولة حساب الإنتاجية، مع الأخذ في الاعتبار كفاءة التشغيل).
- كيفية حساب تكلفة وحدة الزمن لمعدات التشييد في حالتي الاستئجار والشراء (وذلك لمساعدة المهندس أو صاحب القرار علي سهولة اتخاذ قرار الشراء أو الاستئجار، من خلال المقارنة المبنية علي أسس علمية).

٤-٢ اختيار معدات التشييد Selection of Construction Equipment

أولا: العوامل التي تؤخذ في الاعتبار عند اختيار معدات التشييد :

إن اختيار المعدات اللازمة لإنجاز أي من مشروعات التشييد تعد من العوامل التي يتعرض لها كل مقاول عند بدء دراسة المشروع وعمل البرنامج التنفيذي ، تمهيدا لاتخاذ قرار دخول العطاء وحتى أثناء التنفيذ.

ويعتبر **العامل المادي** أهم هذه العوامل ، حيث إن المقاول يفكر جيــــدا فـــي العائد المادي قبل الإقبال على شراء أو استئجار المعدة ، فإذا كان العائد أكبر مــــن التكلفة بالقدر الذي يحقق نسبة ربح مرضية للمقاول فإن القرار يكون إيجابيـــا ، وإلا فالبحث عن بديل أولي بالاتباع.

والعامل الثاني الذي يؤخذ في الاعتبار عند تقدير تكلفة المعدة : هــــو مــــدي حاجة المقاول لهذه المعدة ، فليس من المنطقي ولا المعقول أن يملك المقاول جميــــع أنواع وأحجام المعدات التي يستخدمها ، ولكن علي المقاول وبنــــاءاً علـــي طبيعـــة المشروعات التي يقوم بتنفيذها تحديد نوعية وحجم المعدات التـــي يجـــب اقتناؤهـــا (شراؤها) لتكون تحت طلب المشـــــروعات فـــي أي وقـــت ، وأي منـــها يفضــــل استئجاره، حيث إن الحاجة إليها ليست دائمة ، ولكنها تستخدم استخداما موســـــميا ، وفي بعض المشروعات ولفترات بسيطة لا تستدعي الحاجة إلي شــــراء المعــدة ، حيث إن شراءها في هذه الحالة يعد مكلّفاً تكلفة أكبر من العائد منها.

وبصفة عامة يمكن القول : إن شراء المعدة أو استئجارها مرتبـــط ارتباطـــا وثيقا بمدي الاستفادة منها ، لتعويض التكلفة وإضافة بعض الربـــح للاســـتفادة مـــن حجم المبلغ المستثمر في هذه المعدة.

وهناك بعض أنواع المعدات التي تعد ضرورية بالنسبة لبعض المقـــــاولين ، وتعد غير ضرورية لآخرين ، فمثلا مقاولو تشييد الطــــرق تعـــد الهراســـات مـــن المعدات الأساسية بالنسبة لهم ، وكذلك معدات الكشـــط (Graders) بينمـــا مقـــاولو أعمال الحفر تعد المعدات الرئيسة الأساسية بالنسبة لهم هي الحفارات والشاحنات .

وهناك تقسيم من وجهة نظر أخري وهي اعتبار أن بعض المعدات معــــدات خاصة (Special Equipment) واعتبــــار معـــدات أخـــري قياســـية (Standard Equipment) فالمعدات الخاصة هي المعدات النادرة الاستخدام نظــــرا لحجمــــها أو طبيعة عملها ، أو المعدات التي يوضع لها مواصفات خاصة ، لتتناســـب مشــــروعا

بعينه وتعد هذه الأنواع من المعدات ذات التكلفة العالية جـــدا ، مقارنـــة بـــالمعدات القياسية والتي تستخدم بكثرة في معظم المشروعات .

ومن أمثلة المعدات الخاصة : الحفارات التي تستخدم فـــي حفـــر الأنفـــاق وتبطين جدران النفق في نفس الوقت ، أو الحفارات الضخمة التي قد يصل حجـــم أحدها إلي ٤٠ ياردة مكعبة. ومن أمثلة هذه المعدات الخاصة ، معدات الحفر التـــي تقوم بحفر الترع والمصارف والمجاري المائية وأعمال التبطين في نفس الوقـــت ، وكذلك السيور المتحركة التي تنقل نواتج الحفر إلي عدة كيلو مترات عبر الجبـــال والأودية والمجاري المائية الضحلة.

أما المعدات القياسية (Standard Equipment) فهي معظم المعدات الشـــائعة الاستخدام مثل : معدات الحفر العادية ذات الأحجـــام المتوســـطة ، أو الشـــاحنات متوسطة الحجم ، أو اللودر، وغيرها من معدات التشييد الشائعة الاستخدام ، حيـــث تعد اقتصادية جدا في كثير من أعمال التشييد ، وخصوصاً بســـبب توافـــر قطـــع الغيار الخاصة بها ، وسهولة بيعها بعد الاستفادة منها ، وسهولة أعمـــال الصيانـــة، وكثرة الاستخدام في كثير من المشروعات في نفس الوقت

ومن الأمثلة التي يتعرض لها صاحب القرار عند التفكير في اختيار بعـــض البدائل ما يلي :-

مثال (١)

عند نقل أتربة من مكان أحد المشروعات إلي المنطقة المخصصة للتخلـــص من أعمال الردم يمكن في هذه الحالة المقارنة بين استخدام عدد مـــن الشـــاحنات أو استخدام السيور في نقل هذه الأتربة ، حيث لكل منها تكلفة للشراء وتكلفة للتشـــغيل وعائد من بيع المعدات بعد الاستغناء عنها ، و من هذا المنطلق يمكن حساب تكلفـــة وحدة نقل الأتربة ، ومن ثم اختيار الأرخص منهما.

مثال (٢)

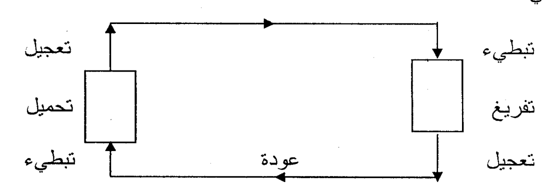
عند حفر وتبطين أحد مجاري المياه يمكن المقارنة بين استخدام الحفارات العادية ووحدات نقل نواتج الحفر من الموقع ثم تبطين المجري المائي بالطرق التقليدية ، وبين استخدام أحد المعدات الحديثة التي تقوم بأعمال الحفر والتبطين. وفي هذه الحالة تتم المقارنة بعد حساب تكلفة حفر وتبطين المتر المربع من هذا المجري المائي.

أما الأسلوب المتبع لحساب هذه التكلفة فسوف يتم شرحه في الجزء الثالث من هذا الباب تحت عنوان (تكلفة معدات التشييد)

٤-٣ إنتاجية معدات التشييد Production Of Construction Equipment

إن إنتاجية أي من معدات التشييد يعتمد إلي حد كبير علي أمرين أساسيين :

أولهما : ما يطلق عليه زمن الدورة ، وهو الزمن الذي تستغرقه المعدة في إنجاز عملية معينة لدورة واحدة ، فمثلا زمن دورة الحفار تبدأ مع غرس سلاح الحفار في التربة وامتلائه ثم الرفع والدوران ثم التفريغ في الشاحنة أو في مكان الردم ثم العودة إلي بداية الدورة التالية ، والتي تبدأ مع غرس سلاح الحفار مرة ثانية في التربة ، ويمكن تمثيل زمن دورة الشاحنة أو آلة الكشط (Scraper) مثلا كما هو في الرسم التالي:



حيث زمن الدورة = زمن التحميل + زمن التفريغ + زمن التعجيل + زمن التبطيء + زمن الذهاب + زمن العودة.

وبصفة عامة فإن زمن الدورة ينقسم إلي زمن ثابت للمعدة ، وزمن متغير ، حيث الزمن الثابت هو مجموع أزمنة التحميل والتفريغ والتعجيل والتبطيء وهـذا الزمن يتم تقديره لكل معدة ، ويكون ثابتـا تقريبـا للمعـدة الواحـدة وللظـروف المتشابهة، ويعطي هذا الزمن مع كتالوج المعدة ، والجدول التالي يبين مثالا لهـذا الزمن الثابت لأحد معدات الكشط (Scraper)

	السرعة المتوسطة للنقل بالكيلو متر في الساعة								
	٨-١٣			١٣-٢٤			٢٤-٤٨		
ظروف التشغيل	جيد	متوسط	سيئ	جيد	متوسط	سيئ	جيد	متوسط	سيئ
زمن التحميل	٠,٨	١,٠	١,٤	٠,٨	١,٠	١,٤	٠,٨	١,٠	١,٤
زمن التفريغ	٠,٤	٠,٥	٠,٦	٠,٤	٠,٥	٠,٦	٠,٤	٠,٥	٠,٦
زمن التعجيل والتبطيء	٠,٣	٠,٤	٠,٦	٠,٦	٠,٨	١,٠	١,٠	١,٥	٢,٠
الزمن الكلي	١,٥	١,٩	٢,٥	١,٨	٢,٣	٣	٢,٢	٣,٠	٤,٠

ملاحظة : الزمن المبين في هذا الجدول بالدقيقة وهو زمن تقديري قد يتغير طبقًا لظروف المشروع.

أما الزمن المتغير فهو الزمن الذي يعتمد علي عوامل متغيرة من موقع إلـــي آخر ومن ظروف إلي أخري ، مثل مسافة الذهـــاب ومســـافة العـــودة ، وســـرعة الذهاب وسرعة العودة ، فمثلا

زمن الذهاب = مسافة الذهاب ÷ سرعة الذهاب.

زمن العودة = مسافة العودة ÷ سرعة العودة.

والمثال التالي يوضح كيفية حساب زمن الدورة لأحد معدات التشييد:

احسب زمن الدورة لمعدة التشييد التي لها زمن ثابت مقداره دقيقتين ومســـافة الذهاب تقدر بحولي ٢ كيلو متر ، ومسافة العودة هي نفسها وسرعة الذهـــاب = ٢٠ كم/الساعة ، وسرعة العودة = ٤٠ كم/ الساعة .

الحل

زمن الدورة = الزمن الثابت + الزمن المتغير

= ٢ + الزمن المتغير

= ٢ + (مسافة الذهاب ÷ ســـرعة الذهـــاب + مســـافة العودة ÷ سرعة العودة)

= ٢ + (٢÷٢٠ × ٦٠ + ٢ ÷ ٤٠ × ٦٠)

= ٢ + ٦ + ٣ = ١١ دقيقة

بالنسبة لمسافة الذهاب ومسافة العودة فيمكن قياسها ، أما بالنســـبة لســـرعة الذهاب وسرعة العودة فكل منهما مرتبط بعدة عوامل مثل وزن المعدة ، ومقاومـــة الحركة ، ومقاومة الانحدار ، ومعامل الجر ، الذي يعتمـــد بـــدوره علـــي طبيعـــة الأرض ونوع العجلات، وكذلك هناك علاقة بين السرعة وقوة ســـحب الموتـــور . ولقد تم تصميم منحنيات لمعدات التشييد تربط هذه المتغيرات مع بعضها البعـــض، ويستعان بها في تحديد ســـرعات المعـــدات فـــي الظـــروف المختلفـــة وتســـمي

(Performance Chart) وهذه المنحنيات غالبا ما تكون مصممة مع المعدة وتعطي للمالك ضمن مستندات الشراء.

كفاءة تشغيل المعدات efficiency of Usage

إن تشغيل معدات التشييد وإنتاجيتها يعتمد إلي حد كبير علي ما يطلق عليه كفاءة التشغيل ، وهو نسبة زمن التشغيل الفعلي إلي الزمن الكلي .

فمثلا: إذا كانت المعدة تعمل ٦٠ دقيقة في الساعة فإن كفاءة التشغيل تصبح ١٠٠% ولكن هذا الفرض غير واقعي ، بل قد يكون من المستحيلات ، وذلك نظرا لظروف التشغيل التي تختلف من موقع إلي آخر ومن ظروف إلي أخري من ناحية (جودة المعدة- مهارة السائق- كفاءة الإدارة- ظروف التشغيل- طبيعة الموقع ...) فكل هذا يؤثر في كفاءة التشغيل فإذا فرضنا أن المعدة تعمل فعلا ٥٠ دقيقة في الساعة فإن كفاءة التشغيل = (٥٠ ÷٦٠) × ١٠٠ = ٨٣%. وإذا كانت المعدة تعمل ٤٥ دقيقة في الساعة فإن كفاءة التشغيل = (٤٥ ÷ ٦٠) ×١٠٠ = ٧٥% وهكذا.

ويمكن الحصول علي كفاءة التشغيل الفعلية لأي معدة بعمل قياسات متكررة وفي فترات وظروف متغيرة لزمن التشغيل الفعلي للمعدة ، باستخدام ساعات الإيقاف (Stop Watch) وهناك دراسات كثيرة في هذا الموضوع يمكن الرجوع إليها ، ويمكن عمل جداول لكل معدة تمثل كفاءة التشغيل لهذه المعدة في الظروف المختلفة ، كما هو مبين في الجدول التالي:

ظروف التشغيل	زمن التشغيل الفعلي بالدقيقة	معامل التشغيل
ممتازة	٥٥	%٩٢
متوسطة	٥٠	%٨٣
سيئة	٤٥	%٧٥
سيئة جدا	٤٠	%٦٧

ويمكن حساب إنتاجية أي من معدات التشييد بعد حساب زمن الدورة كما سبق بيانه ، ومعرفة زمن التشغيل الفعلي ، من العلاقة التالية:

عدد الدورات في الساعة = زمن التشغيل الفعلي ÷ زمن الدورة.

الإنتاجية في الساعة = عدد الدورات في الساعة × حجم إنتاج الدورة الواحدة.

أمثلة محلولة :

مثال (١)

احسب إنتاجية لودر في الساعة ، إذا كانت سعة المغرفة ٣ ياردة مكعبة ، ومسافة الذهاب تساوي مسافة العودة تساوي ١٠٠ قدم ، وسرعة الذهاب تساوي ٢ ميل\ ساعة ، وسرعة العودة تساوي ٤ ميل\ساعة ، والزمن الثابت لهذه المعدة قد تم تقديره بنصف دقيقة مع اعتبار أن زمن التشغيل الفعلي = ٥٠ دقيقة.

الحل

أولا: لإيجاد زمن الدورة = الزمن الثابت + الزمن المتغير

= ٠,٥ + زمن الذهاب + زمن العودة

= ٠,٥ + (١٠٠)÷ (٢×٨٨) + (١٠٠)÷ (٤×٨٨).

ملاحظة: السرعة بالميل في الساعة = ٨٨ قدم في الدقيقة

= ٠,٥ + ٠,٧٥ + ٠,٢٨ = ١,٣٥ دقيقة

ثانيا: عدد الدورات في الساعة = ٥٠ ÷ ١,٣٥ = ٣٦,٩ دورة / الساعة.

ثالثا: الإنتاجية في الساعة = ٣٦,٩ × ٣ = ١١٠,٧ ياردة مكعبة / الساعة.

مثال (٢)

احسب إنتاجية آلة كشط (Scraper) من البيانات التالية:

سعة الآلة ٢٠ ياردة مكعبة.

مسافة الذهاب = ٣٠٠٠ قدم.

مسافة العودة = ٣٠٠٠ قدم.

سرعة الذهاب = ١٢ ميل\الساعة.

سرعة العودة = ٢٠ ميل\الساعة.

الزمن الثابت للمعدة (التحميل والتفريغ والتعجيل والتبطيء) = ٢ دقيقة.

كفاءة التشغيل = ٥٠ دقيقة في الساعة.

الحل

أولا: حساب زمن الدورة = الزمن الثابت + الزمن المتغير

= ٢,٠ + زمن الذهاب + زمن العودة

= ٢,٠ + (٣٠٠٠) ÷ (١٢×٨٨) + (٣٠٠٠) ÷ (٢٠×٨٨)

= ٢,٠ + ٢,٨٤ + ١,٧٠ = ٦,٥٤ دقيقة

ثانيا: حساب عدد الدورات في الساعة = ٥٠ \ ٦,٥٤ = ٧,٦٤ دورة في الساعة.

ثالثا: حساب الإنتاجية في الساعة = ٧,٦٤ × ٢٠ = ١٥٢,٨ ياردة مكعبة في الساعة.

مثال (٣)

المطلوب حساب إنتاجية خلاطة خرسانة سعة ١٦ ياردة مكعبة في الساعة ، إذا كانت كميات المواد اللازمة لخلط ياردة مكعبة طبقا للمواصفات هي كما يلي:

- ٥,٨ شيكارة أسمنت.
- ١٤٠٠ رطل رمل.
- ١٨٠٠ رطل زلط.
- ٤٠ جالونا ماء.
- كفاءة التشغيل للخلاطة تقدر بحوالي ٥٠ دقيقة في الساعة.

الحل

أولا: حساب زمن الدورة

بفرض أن زمن تحميل الخلاطة بالمواد يستغرق ٠,٢٥ دقيقة.

بفرض أن زمن الخلط يستغرق ١,٠ دقيقة.

بفرض أن زمن التفريغ يستغرق ٠,٢٥ دقيقة.

بالجمع نحصل على زمن الدورة الواحدة بحوالي ١,٥ دقيقة.

ثانيا: حساب عدد الدورات في الساعة = ٥٠ ÷ ١,٥ = ٣٣,٣ دورة في الساعة.

ثالثا: لحساب الإنتاجية في الساعة الواحدة نتبع الخطوات التالية:

١ – ضبط الكميات اللازمة للخلطة لتناسب سعة الخلاطة بمعني أن احتياج اليـــاردة المكعبة (٢٧ قدم مكعب) من الأسمنت هو ٥,٨ شيكاره ، فإن احتياج الخلاطـــة ذات سعة ١٦ ياردة مكعبة هو ١٦ ÷ ٢٧ × ٥,٨ = ٣,٤٤ شيكارة.

٢ – ضبط كميات الأسمنت لتكون عددا صحيحا أي ٣,٠ شكائر من الأسمنت

٣ – باستخدام النسبة والتناسب نحصل علي الكميات اللازمة من باقي المواد كمـــا يلي:

١٦ قدم مكعب يحتاج إلي ٣,٤٤ من شكائر الأسمنت.

فإن ٣.٠ شكائر من الأسمنت تخلط كميـــة قدرهـــا = (٣ ÷ ٣,٤٤) × ١٦ = ١٤ ياردة مكعبة.

وبنفس الطريقة يمكن حساب كمية الرمـــل = (١٤ ÷ ٢٧) × ١٤٠٠ = ٧٢٦ رطـــلا رمل.

وبنفس الطريقة يُمكن حساب كمية الزلـــط = (١٤ ÷ ٢٧) × ١٨٠٠ = ٩٣٣ رطـــلا زلط.

وبنفس الطريقة يمكن حساب كمية الماء = (١٤ ÷ ٢٧) × ٤٠ = ٢١ جالونـــا ماء.

وتصبح الإنتاجية = ١٤ × ٣٣,٣ = ٤٦٦,٢ قدم مكعب / الساعة.

= ٤٦٦,٢ ÷ ٢٧ = ١٧,٢٧ ياردة مكعبة / الساعة.

ثالثا : تكلفة معدات التشييد Cost of Construction equipment

هناك طريقتان للحصول علي معدة التشييد و اســـتخدامها ، وهمـــا أســـلوب استئجار المعدة من أحد الشركات المتخصصة في ذلك ، وأســـلوب شـــراء المعـــدة وامتلاكها من قبل المقاول لتكون تحت تصرفه أينما رغب ، وعند حاجـــة المقـــاول

لأي من معدات التشغيل يبدأ التفكير في استئجار المعدة أو شراءها ، و هذا طبعـــا يعتمد كثيرا على حجم العمل المطلوب له المعدة ، ويعتمد أيضا على مـــدى توافـــر سيوله مادية لدى المقاول ، غير أن هناك عوامل أخري ترتبط ارتباطا وثيقا بقـــرار الشراء أو الاستئجار ، وبصفة عامة فهناك بعض المميزات والعيـــوب لكـــل مـــن القرارين.

أولا: في حالة الاستئجار :

مميزات الاستئجار :

١ – عدم تحمل المقاول لاستثمارات أولية كبيرة.

٢ – تجنب تكلفة الصيانة وقطع الغيار.

٣ – عدم تحمل المقاول لعناصر تكلفة الامتـــلاك (الاضمحـــلال- رأس المـــال- الضرائب).

٤ – الحصول علي تقنية عالية ومتقدمة.

٥ – توافر بدائل عند اختيار المعدة للاستئجار.

٦ – توافر عمالة علي مستوي عال من التشغيل مما يزيد من الإنتاج.

عيوب الاستئجار :

١ – عدم توافر المعدة في أي وقت وبخاصة في حالة المعدات النادرة.

٢ – تحمل زائد في التكلفة نتيجة بعض الربح للمؤجر.

٣ – هناك بعض القيود يفرضها المؤجر.

٤ – لا تعتبر هذه المعدات رصيدا جيدا للمقاول عند تقييم العطاءات.

٥ – قلة الخبرة في التعامل مع المعدات المستأجرة.

٦ – عدم الاستخدام الجيد للمعدة من قبل المقاول.

ثانيا : في حالة الشراء :

مميزات الشراء :

١ – توافر المعدة في أي وقت دون قيود مع وجود عمالة متخصصة للعمل على هذه المعدة.

٢ – رفع درجة تقييم المقاول عند التقدم للعطاءات ، نظرا لما يملكه من معدات.

٣ – الاستخدام الجيد للمعدة.

٤ – توفير نسبة الأرباح التي يتحملها المقاول للشركات المؤجرة.

٥ – تواجد الخبرات العالية في التعامل مع المعدة مع الولاء للشركة واستخدام المعدة بحرص.

٦– إمكانية بيع المعدة بعد انتهاء الحاجة إليها .

عيوب الشراء :

١ – استهلاك جزء من رأس مال المقاول في شراء المعدة.

٢ – تحمل نفقات الامتلاك (الاضمحلال – رأس المال – الضرائب).

٣ – تحمل نفقات الصيانة وقطع الغيار.

٤ – تحمل نفقات تدريب العمالة التي تقوم بتشغيل المعدة.

٥ – تحمل نفقات وجود المعدة دون عمل.

عناصر التكلفة عند شراء المعدة

قبل الإقدام علي شراء المعدة يجب علي المقاول أو من ينوب عنه دراسة عناصر التكلفة التي سوف يتحملها بمجرد امتلاك المعدة ، والعناصر الأخرى التي سوف يتحملها عند التشغيل ، مع الأخذ في الاعتبار العمر الافتراضي للمعدة ، أي الزمن الذي تصبح فيه المعدة لا قيمة لها ، أما إذا كان المفترض استخدام المعدة لزمن أقل من عمرها الافتراضي فإن علي المقاول في هذه الحالة تقدير قيمة المعدة عند الاستغناء عنها سواء بالبيع أو بالاستخدام في نشاط آخر ، ولأهمية هذا الموضوع فسوف نتعرض بشيء من التفصيل فيما يلي:

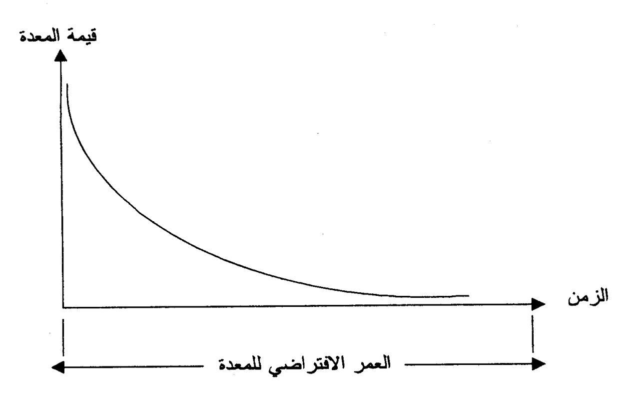
أولا : عناصر تكلفة الامتلاك ownership cost

وهي التكلفة التي يتحملها صاحب المعدة سواء اســـتخدمت المعـــدة أو لـــم تستخدم وتتكون هذه التكلفة من العناصر الثلاثة التالية :

١ - تكلفة الاضمحلال Depreciation cost

"وهو المقدار الذي تقل به قيمة المعدة مع مرور الزمن"

حيث إنه من المعلوم أن قيمة المعدة عند زمن الشراء تكون أعلى ما يمكــن ، ثم تقل هذه القيمة تدريجيا حتى تصل إلي الصفر بعد فترة من الزمن، ويطلق علـــي هذه الفترة العمر الافتراضي للمعدة ، ويمكن تمثيل ذلك بالمنحني التـــــالي:



ويلاحظ أن معدل الاضمحلال لأي معدة يكون سريعا جدا في البدايـــة ، ثـــم يقل هذا المعدل تدريجيا ، حتى تصل قيمة المعدة إلي الصفر ، وبالتالي فإن طبيعـــة هذه العلاقة تكون في صورة منحنى يبدأ بهبوط سريع في أوله ، ثـــم يقـــل معـــدل هبوط المنحنى تدريجيا حتى يصل إلي الصفر ، أو تظل للمعدة قيمة صغيرة جـــــدا

لفترة من الزمن ، وبالطبع فإن لكل معدة منحنى اضمحلال خاصـــا بـــها ، وهـــو العلاقة التي تربط قيمة المعدة مع الزمن .

ويمكن حساب قيمة الاضمحلال لأي معدة سنويا ، باستخدام هذا المنحنـــى ، وذلك بعد تقدير العمر الافتراضي للمعدة ، وليكن خمس سنوات مثلا ، وهذا يعنـــي أن متوسط اضمحلال المعدة السنوي هو ٢٠% وبمضاعفة هذه النسبة إلــــي ٤٠% وتقليل قيمة المعدة بهذه النسبة سنويا ، مع اعتبار أن قيمة المعدة متغيرة مـــن ســـنة إلي أخرى ، والتدرج حتى تصل قيمة المعدة إلي الصفر أو أقرب ما يمكـــن مـــن الصفر ، والمثال التالي يوضح هـــذه الطريقـــة والتـــي يطلـــق عليـــها (DBM) Declining-Balance Method .

مثال (١)

احسب تكلفة الاضمحلال لأحد معدات التشييد بطريقة (DBM) إذا كان ثمـــن المعدة ١٠٠٠٠٠ جنيه مصري ، والعمر الافتراضي لها خمس سنوات.

الحل:

أولا: حساب تكلفة الاضمحلال فـــي نهايـــة العـــام الأول = ١٠٠٠٠٠× ٠,٤ =٤٠٠٠٠ جنيه.

قيمة المعدة في نهاية العـــام الأول وبدايـــة العـــام الثـــاني = ١٠٠٠٠٠ – ٤٠٠٠٠ = ٦٠٠٠٠ جنيه.

ثانيا: حساب تكلفة اضمحلال المعدة في نهاية العـــام الثـــاني = ٦٠٠٠٠ × ٠,٤ = ٢٤٠٠٠ جنيه.

قيمة المعدة في نهاية العام الثـــاني وبدايـــة العـــام الثـــالث = ٦٠٠٠٠ – ٢٤٠٠٠ = ٣٦٠٠٠ جنيه.

ثالثا: حساب تكلفة اضمحلال المعدة في نهاية العـــام الثـــالث = ٣٦٠٠٠ × ٠,٤ =١٤٤٠٠ جنيه.

قيمة المعدة في نهاية العام الثـــالث وبدايـــة العـــام الرابـــع = ٣٦٠٠٠ – ١٤٤٠٠ = ٢١٦٠٠ جنيه.

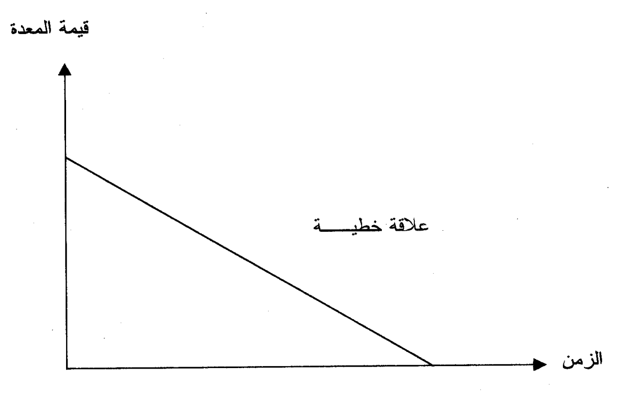
رابعا: حساب تكلفة اضمحلال المعدة في نهاية العام الرابـع = ٢١٦٠٠×٠,٤ = ٨٦٤٠ جنيها.

قيمة المعدة في نهاية العام الرابع وبداية العـــام الخـــامس = ٢١٦٠٠– ٨٦٤٠ =١٢٩٦٠ جنيها.

خامسا: حساب تكلفة اضمحلال المعدة في نهاية العام الخـــامس = ١٢٩٦٠ ×٠,٤ = ٥١٨٤ جنيها.

قيمة المعدة في نهاية السنة الخامسة وبداية السنة السادســـة = ١٢٩٦٠ – ٥١٨٤ = ٧٧٧٦ جنيها.

وهكذا يمكن حساب قيمة المعدة في نهاية كل عام ورسم العلاقة بيـــن قيمـــة المعدة والزمن ، ويلاحظ أن تكلفة الاضمحلال في العام الأول كانت ٤٠٠٠٠ جنيـــه بينما هذه التكلفة في العام الخامس كانت ٥١٨٤ جنيها أي أن نسبة الاضمحلال بيـــن العام الخامس والعام الأول كنسبة ١:٨ تقريبا ، وهذا هو الواقع فعـــلا مـــن خـــلال دراسة المعدات ، ولكن نظرا إلي صعوبة حساب تكلفة الاضمحلال بهذه الطريقـــة والتي تعتمد علي معدل متغير ، فقد تم افتراض أن معدل الاضمحلال ثابتـــا خـــلال فترة استخدام المعدة ، وذلك كقيمة متوسطة ، أي أن العلاقـــة بيـــن الزمـــن وبيـــن اضمحلال قيمة المعدة علاقة خطية كما هو في الرسم التالي



وهو ما يطلق عليه (Strait line Depreciation).

ومع أن هذه العلاقة غير حقيقية إلا أنها كثيرا ما تستخدم ، نظـــرا لســـهولة حساب تكلفة الاضمحلال من العلاقة التالية:

قيمة الاضمحلال السنوي = (ثمن شراء المعدة – ثمن بيع المعدة) ÷ عـــدد السنوات .

مثال :

احسب تكلفة اضمحلال أحد معدات التشييد التي تم شراؤها بمبلـغ ١٥٠٠٠٠ جنيه وبعد خمس سنوات تم بيع المعدة بمبلغ ٥٠٠٠٠ جنيه.

الحل:

تكلفة الاضمحلال = (١٥٠٠٠٠ – ٥٠٠٠٠) ÷ ٥

= (١٠٠٠٠٠ ÷ ٥)

= ٢٠٠٠٠ جنيه \ العام

فإذا فرض أن المعدة تعمل في العام ٢٠٠٠ ساعة

فإن تكلفة الاضمحلال في الساعة = ٢٠٠٠٠ \ ٢٠٠٠

= ١٠ جنيهات في الساعة.

٢ – تكلفة رأس المال Investment Cost

وهي التكلفة الناتجة عن استهلاك جزء من رأس مال مالك المعدة في شرائها ، سواء تم استخدام المعدة أو لم تستخدم .

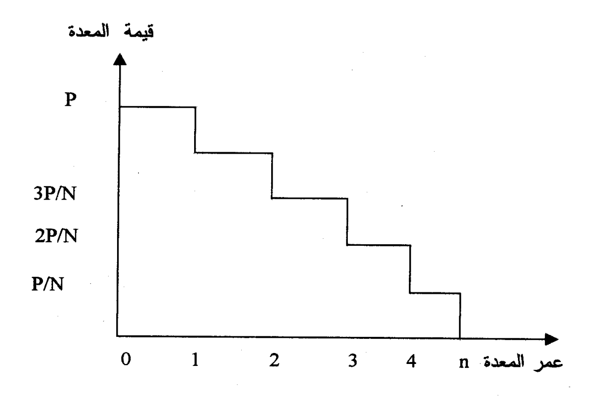
ويمكن تعريف هذه التكلفة بأنها الجزء من المال الذي يفقده مشتري المعدة سنويا بسبب حجز جزء من رأس ماله في شراء المعدة ، وهذا الجزء من المال إذا استخدم في أي استثمار آخر فسوف يأتي بربح سنوي ، وهذا الربح المفقود هو تكلفة رأس المال السنوي ويطلق عليه Annual Investment Cost.

ولحساب هذه التكلفة يجب معرفة نسبة الربح السنوي في حالة استثمار المال ولتكن هذه النسبة (I).

وبضرب متوسط قيمة المعدة سنويا في هذه النسبة نحصل علي التكلفة السنوية للاستثمار .

متوسط قيمة المعدة السنوي = (القيمة الابتدائية للمعدة) (عدد السنوات + ١) ÷ ضعف عدد السنوات.

ومن الرسم التالي يمكن إدراك معني هذه المعادلة



حيث إن القيمة المتوسطة (P) = (القيمة الابتدائية (P) + أقل قيمة) ÷ ٢

$$P = \frac{P + P/n}{2}$$

$$= \frac{Pn + p}{2n}$$

$$= \frac{p\,(n+1)}{2n}$$

مثال :

احسب التكلفة السنوية لرأس مال معدة تشييد تم شراؤها بمبلغ ٥٠٠٠٠ جنيه إذا كان العمر الافتراضي للمعدة هو خمس سنوات ونسبة الربح (I) ١٠ %.

الحل

القيمة المتوسطة للمعدة = ٥٠٠٠٠ (٥+١) ÷ (٢×٥)

= ٣٠٠٠٠ جنيه

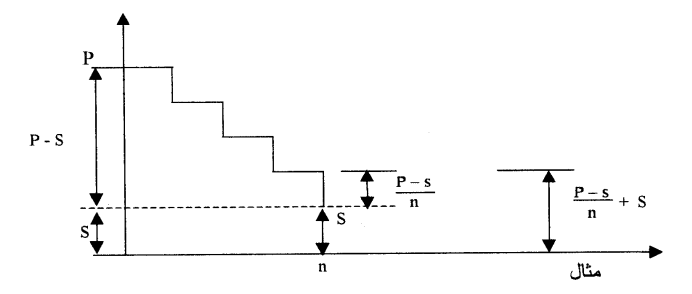
التكلفة السنوية لرأس المال = ٣٠٠٠٠ × (٠,١٠) = ٣٠٠٠ جنيه

ويلاحظ أن هذا القانون السابق يستخدم فقط في حالة ما إذا كان ثمـــن بيـــع المعدة بعد فترة زمنية معينة يساوي صفراً ، أي أن هذه الفترة الزمنية هي العمـــر الافتراضي للمعدة ولكـــن في حالة وجود قيمة لبيع المعـــدة فـــإن قـــانون القيمـــة المتوسطة يصبح في الصورة التالية:

$$\bar{P} = \frac{p + (p-s)/n + s}{2}$$

$$= \frac{pn + (p-s) + sn}{2n}$$

$$= \frac{p(n+1) + s(n-1)}{2n}$$



المطلوب حل المثال السابق إذا افترض أن ثمن بيع المعدة بعد خمس سـنوات هو ١٠٠٠٠ جنيه.

الحل

يمكن استخدام المعادلة البسيطة التالية لحساب تكلفة رأس المال أو ما يطلـــق علية أحيانا تكلفة الاستثمار.

$$\text{Interest On Finance} = \frac{(\text{Initial cost x capitol recovery factor x Number of years}) - (\text{Initial cost})}{\text{Time}}$$

$$= \frac{(\text{I. C x C.R.F x NO. of years}) - (\text{I.C.})}{\text{No. of years}}$$

حيث $C.R.F = \dfrac{I\,(1+I)^n}{(1+I)^n - 1}$

حيث : عدد السنوات = n

نسبة الربح السنوي = I

فتصبح هذه المعادلة كما يلي:

تكلفة رأس المال = (الثمن الأصلي للمعدة × معامل الربحية × عدد السنوات) - الثمن الأصلي للمعدة ÷ عدد السنوات

ففي المثال السابق وباستخدام هذه العلاقة يمكن حساب تكلفة رأس المـــال كما يلي :

تكلفة رأس المال = (٥٠٠٠٠× ٠,٢٧ ×٥) - ٥٠٠٠٠ = ٣٥٠٠ جنيه/العـام ÷ ٥

حيث معامل الربحية (٠,٢٧) تم الحصول عليه من الجداول الخاصة بذلـك علي أساس عدد السنوات (٥) ونسبة الربح السنوي ١٠% .

١- تكلفة الضرائب والتأمينات Taxes And Insurance

وهي التكلفة التي يدفعها صاحب المعدة سنويا في صورة ضرائب للدولة التي تستخدم فيها المعدة ، أو في صورة تأمينات لشركات التأمين وذلك للتأمين ضد بعض أو كل المخاطر التي قد تتعرض لها المعدة.

ويتضح من تعريف تكلفة الاضمحلال وتكلفة رأس المال وتكلفة الضرائب والتأمينات أن الصفة المشتركة بينها هي تحمل مالك المعدة لها ، حتى لو لم تستخدم المعدة ، وذلك بعكس تكلفة التشغيل التي لا يتحملها المالك إلا في حالة تشغيل المعدة .

مثال :

احسب تكلفة الامتلاك لأحد معدات التشييد إذا كان ثمن الشراء ١٥٠٠٠٠ جنيه وثمن البيع بعد عشر سنوات هو ٣٠٠٠٠ جنيه ومعامل الربحية (C.R.F) يساوي ٠,٢٢ وتتكلف المعدة مبلغ ٢٥٠٠ جنيه في العام للضرائب والتأمينات.

الحل

(١) تكلفة الاضمحلال = (١٥٠٠٠٠ – ٣٠٠٠٠) ÷١٠ =١٢٠٠٠ جنيه / العام.

(٢) تكلفة رأس المال =((١٥٠٠٠٠ ×٠,٢٢ ×١٠) – ١٥٠٠٠٠) ÷ ١٠ = ١٨٠٠٠ جنيه / العام.

(٣) تكلفة الضرائب والتأمينات = ٢٥٠٠ جنيه في العام.

تكلفة الامتلاك = ١٢٠٠٠ +١٨٠٠٠ + ٢٥٠٠ = ٣٢٥٠٠ جنيه / العام.

ثانيا : تكلفة التشغيل Operating Cost

وهي التكلفة التي يتحملها صاحب المعدة عند التشغيل فقط ، مثل تكلفة الوقود وتكلفة الزيوت والصيانة وقطع الغيار ، وتكلفة العمالة اللازمة لتشغيل المعدة ، ويمكن تناول هذه الأنواع بشيء من التفصيل فيما يلي:

١- تكلفة الوقود Fuel Consumed Cost

وهي قيمة ما تستهلكه المعدة من وقود أثناء التشغيل في وحدة الزمن ، وذلك بالطبع يتوقف علي نوع المعدة وعمرها ، ونوع الوقود المستخدم ، وظروف التشغيل ، وثمن الوحدة من هذا الوقود ، وحجم الاستهلاك الذي يتوقف بالطبع علي القدرة المطلوبة من المعدة أثناء العمل (تحميل- ذهاب - عودة - تفريغ) وتقدر هذه الطاقة بالحصان Flywheel Horsepower (hp).

فمثلا يلاحظ أن المعدة تحتاج إلي أقصي طاقة لها أثناء التحميل ، وفي بقية الدورة تحتاج إلي طاقة أقل ، فمثلا إذا فرض أن أحد الحفارات يحتاج إلي ١٦٠ حصانا أثناء فترة الحفر و التحميل ، وذلك لزمن ٥ ثوان من زمن الدورة والذي يبلغ ٢٠ ثانية ، فإنه في باقي الدورة وهي ١٥ ثانية لا يحتاج الحفار لكل هذه الطاقة ، فإذا فرض أنه يحتاج فقط لنصف الطاقة.

وإذا فرض أن استهلاك الوقود هو ٠,٤ جالون ديزل في الساعة إذا عمل الحفار بكامل طاقته (١٦٠ حصانا) ، وأن كفاءة التشغيل هي ٥٠ دقيقة في الساعة.

فتكون كمية الوقود المستهلك في الساعة = ١٦٠ × ٠,٤ × (٥٠/٦٠) ((٥/٢٠) + (١٥/٢٠)× ٠,٥) = ٣,٣٣ جالونات / الساعة.

حيث يطلق علي القيمة (٥ ÷ ٢٠) + (١٥ ÷ ٢٠) × ٠,٥ = معامل الموتور Engine Factor.

و يطلق علي القيمة ٥٠÷٦٠ = معامل الزمن Time Factor .

ويطلق علي حاصل ضربهم (معامل التشغيل) Operating Factor.

ولذلك يمكن أن يعبر عن هذه القيم كما يلي:

engine Factor =(5/20) + (15/20)x0.5 = 0.625

Time Factor = 50/60 = 0.833

Operating Factor = 0.625 x0.833 = 0.520

وبالطبع فإن كل معدة مع ظروف التشغيل يكون لها معامل تشغيل مختلف ، وبضرب هذا المعامل في الطاقة القصوى × استهلاك الوقود في الساعة مع الطاقة القصوى ، يمكن الحصول علي استهلاك الوقود والأمثلة التالية توضح هذه الفكرة

مثال

احسب كمية الوقود اللازمة في الساعة لتشغيل معدة تشييد تعمل بالجازولين (استهلاك الجازولين ٠,٠٦ جالون في الساعة عند عمل المعدة بكامل طاقتها ١٦٠ حصانا).

إذا كانت المعدة تعمل ٤٥ دقيقة في الساعة وزمن الدورة ٢٥ ثانية منها ٥ ثوان تحتاج لكامل الطاقة والباقي (٢٠ثانية) تحتاج ٦٠% من الطاقة .

الحل

معامل الزمن = ٦٠\٤٥ = ٠,٧٥

معامل الموتور = ٢٥\٥ + (٢٥\٢٠ × ٠,٦٠) = ٠,٦٨

معامل التشغيل = ٠,٧٥ × ٠.٦٨ = ٠,٥١

استهلاك الوقود = ١٦٠ × ٠,٠٦ × ٠,٥١ = ٤,٩ جالونا / الساعة.

(٢) تكلفة الزيوت Lubricating Oil Cost

من الطبيعي أن استهلاك زيوت التشحيم لأي معدة يعتمد علي حجم الموتــور ، وظروف التشغيل ، والزمن المستغرق لتغيير الزيوت. وبصفة عامة يمكن فــرض أن زيت المعدة يمكن تغييره كل ١٥٠ ساعة عمل ، وأن استهلاك الموتور تقريبـــا يقدر بحوالي ٠,٠٠٦ من الرطل لكل قدرة مقدارها واحد حصان تعمل لزمن ســاعة واحدة.

والمعادلة التالية تعطي كمية الزيوت المستهلكة في الساعة بالجالون:

$$Q = (hp \times f \times (0.006\ ib/hr)) / 7.4\ Ib/gal. + C/T$$

حيث Q = الزيوت المستهلكة بالجالون في الساعة Quantity consumed g/h

hp = قدرة الموتور بالحصان horsepower of engine

C = سعة خزان الزيت Capacity of crank case gal

f = معامل التشغيل Operating factor

T= الزمن المسموح به لتغيير الزيت Number of hours between changes

فإذا فرض أن معامل التشغيل ٧٠% وأن سعة الخـــزان ٤,٥ جالونـــا ويتـــم تغيير الزيت كل ١٥٠ ساعة فإن استهلاك معدة قدرتها ١٠٠ حصان يمكن تقديـــره كما يلي : ـــ

$$Q =(100\times 0.7 \times 0.006) / 7.4 + (4.5/150) =0.08676\ GAL / HR$$

وبضرب هذا الاستهلاك في ثمن جالون الزيت نحصل علي تكلفة الزيـــوت في الساعة وفي بعض الحالات تؤخذ تكلفة الزيوت كنسبة مئوية من تكلفة الوقـــود وعـــادة تكون من ١٥-٢٥ % .

(٣) تكلفة الصيانة وقطع الغيار Maintenance and Repairing

وهي تكلفة مصروفات ما يتم تغييره أو إحلاله لأجزاء المعدات التي يحـــدث لها تآكل أو إخفاق في تأدية العمل ، وأيضا يدخل في هذه التكلفة أعمال الصيانـــة الرئيسة والثانوية التي تتم للمعدة خلال عمرها الافتراضي ، من أجــل المحافظـة عليها في حالة جيدة للعمل ، وقد تصل هذه التكلفة إلي ١٠٠% من قيمة المعدة.

ويلاحظ أن تكلفة الصيانة تعتمد علي كثير من العوامل مثل:

- حالة المعدة.
- كفاءة وظروف التشغيل.
- برامج الصيانة الدورية والخدمات الخاصة.
- معدلات التشغيل.
- قطع الغيار المستعملة.
- احتياج المعدة إلي تصميم خاص.

وفي كثير من الأحيان يتم فرض تكلفة الصيانة وقطع الغيار كأنها نسبه مــن ثمن المعدة وهذه النسبة تتراوح بين ٢٠ –٣٠%.

أمثلة محلولة :

(١) المطلوب حساب تكلفة التشغيل لأحد معدات التشييد من البيانات التالية:

- الثمن الأصلي للمعدة = ١٠٠٠٠٠ جنيه.
- المعدة تعمل ١٦٠٠ ساعة في العام.
- قدرة المحرك = ١٦٠ حصانا.
- سعة خزان الوقود = ٦ جالونات.
- يتم تغير الزيت كل ١٠٠ ساعة.

- تكلفة الصيانة وقطع الغيار = ٢٠% من ثمن المعدة في العام.
- معامل التشغيل = ٦٠%.
- ثمن جالون الوقود = ٦ جنيهات.
- استهلاك الوقود = ٠,٠٤ من الجالون في الساعة.
- استهلاك الزيوت = ٠,٠٠٦ من الرطل في الساعة.

الحل

أولا: تكلفة الوقود

كمية الوقود المستهلك في الساعة = ١٦٠ × ٠,٦٠ × ٠,٠٤ = ٣,٨٤ جالونا في الساعة.

ثمن الوقود في الساعة = ٣,٨٤ × ٦ = ٢٣,٠٤ جنيها في الساعة.

ثمن الوقود في العام = ٢٣,٠٤ × ١٦٠٠ = ٣٧٤٤٠ جنيها في العام.

ثانيا: تكلفة الزيوت

استهلاك الزيوت في الساعة

Q = (hp x f x 0.006 ib/hr) /7.5 Ib/gal + C/t

=(160x.60x0.006)/7.5 +6/100 = 0.138

فإذا كان ثمن جالون الزيت ١,٥ (جنيها ونصف الجنيه)

فإن تكلفة الزيوت في الساعة = ١,٥ × ٠,١٣٨ = ٠,٥٧ جنيها في الساعة

فإن تكلفة الزيوت في العام = ٠,٥٧ × ١٦٠٠ = ٢٢٠,٨ جنيها في العام

ثالثا : تكلفة الصيانة وقطع الغيار = ٠,٢٠ × ١٠٠٠٠٠ = ٢٠٠٠٠ جنيـــه فـــي العام

تكلفة التشغيل في العام = ٣٧٤٤٠ + ٢٢٠,٨ + ١٠٠٠ = ٥٧٦٦٠,٨ جنيه في العام .

(٢) احسب التكلفة في الساعة لأحد الحفارات التي تعمل بالديزل، وذلك باستخدام البيانات التالية:

- ثمن شراء المعدة = ٤٨٠٠٠٠ جنيه.
- قوة الموتور = ١٦٠ حصانا.
- سعة خزان الوقود = ٦ جالونات .
- يتم تغيير الزيت كل ١٢٠ ساعة عمل.
- استهلاك الزيوت بمعدل ٠,٠٠٦ من الرطل في الساعة.
- معامل التشغيل = ٠,٧ .
- متوسط استهلاك الوقود = ٤ جالونات في الساعة.
- ثمن جالون الديزل = ٦ جنيهات.
- العمر الافتراضي للمعدة = ٥ سنوات.
- ثمن جالون الزيت = ١,٥ (جنيها ونصف الجنيه).
- المعدة تعمل ١٥٠٠ ساعة في العام.
- الضرائب والتأمينات السنوية تقدر ب ٥% من ثمن المعدة.
- نسبة الربح السنوي = ١٢ %.
- الصيانة وقطع الغيار = ٢٠ % من ثمن المعدة سنويا.

الحل

أولا: تكلفة الامتلاك Ownership cost

أ – تكلفة الاضمحلال = (ثمن الشراء – ثمن البيع) ÷ الزمن

= (٤٨٠٠٠٠ – صفر) ÷ ٥ = ٩٦٠٠٠ جنيه في العام

ب – تكلفة رأس المال :

القيمة المتوسطة للمعدة = ٤٨٠٠٠٠ × (٥ + ١) ÷ (٢ × ٥) = ٢٨٨٠٠٠ جنيه.

تكلفة رأس المال السنوي = ٢٨٨٠٠٠ × ٠,١٢ = ٣٤٥٦٠ جنيها في العام.

ج – الضرائب والتأمينات في العام = ٤٨٠٠٠٠ × ٠,٠٥ = ٢٤٠٠٠ جنيه في العام.

تكلفة الامتلاك = ٢٨٨٠٠٠ + ٣٤٥٦٠ + ٢٤٠٠٠ = ٣٤٦٥٦٠ جنيها في العام.

ثانيا : تكلفة التشغيل Operating cost

أ – تكلفة الوقود = ٤ × ١٥٠٠ × ٦ = ٣٦٠٠٠ جنيه في العام.

ب – تكلفة الزيوت:–

استهلاك الزيوت = ٦ ÷ ١٢٠ + (٠,٠٠٦ × ٠,٧ × ١٦٠) ÷ ٧,٤ = ٠,١٤ جالونا في الساعة

تكلفة الزيوت في العام = ٠,١٤ × ١٥٠٠ × ١,٥ = ٣١٥ جنيها في العام.

ج – تكلفة الصيانة وقطع الغيار = ٠,٢٠ × ٤٨٠٠٠٠ = ٩٦٠٠٠ جنيه في العام.

تكلفة التشغيل السنوي = ٣٦٠٠٠ + ٣١٥ + ٩٦٠٠٠ = ١٣٢٣١٥ جنيها في العام.

تكلفة الامتلاك والتشغيل في العام = ٣٤٦٥٦٠ + ١٣٢٣١ = ٤٧٨٨٧٥ جنيها في العام.

(١) احسب تكلفة معدة نقل في الساعة من البيانات التالية:

- ثمن شراء المعدة = ٣٥٠٠٠٠ جنيه.
- ثمن بيع المعدة بعد خمس سنوات = ٥٠٠٠٠ جنيه.
- الضرائب والتأمينات السنوية = ٢ % من ثمن شراء المعدة.
- معامل الربحية = ٢٦ %.
- المعدة تعمل ١٦٠٠ ساعة في العام.
- استهلاك الوقود = ٢٠ لترا في الساعة.
- ثمن لتر الوقود = ٠,٥٠ جنيه.
- استهلاك الزيوت يقدر بحوالي ٢٢ % من استهلاك الوقود
- الصيانة وقطع الغيار تقدر بحوالي ١٥ % من الثمن الأصلي للمعدة.
- تكلفة السائق شهريا = ٤٠٠ جنيه.
- تكلفة نقل المعدة في العام = ٢٠٠٠ جنيه.

الحل

أولا: تكلفة الامتلاك :-

أ – تكلفة الاضمحلال = (٣٥٠٠٠٠ – ٥٠٠٠٠) ÷ ٥ = ٦٠٠٠٠ جنيه في العام.

ب – تكلفة رأس المال = (٣٥٠٠٠٠ × ٠,٢٦ × ٥) – ٣٥٠٠٠٠ = ٢١٠٠٠ جنيه في العام.

ج – تكلفة الضرائب والتأمينات = ٣٥٠٠٠٠ ×٠,٠٢ = ٧٠٠٠ جنيها في العام .

تكلفة الامتلاك = ٦٠٠٠٠ + ٢١٠٠٠ + ٧٠٠٠ = ٨٨٠٠٠ جنيه في العام.

ثانيا: تكلفة التشغيل:-

أ – تكلفة الوقود = ٢٠ × ١٦٠٠ × ٠,٥ =١٦٠٠٠ جنيه في العام.

ب – تكلفة الزيوت = ١٦٠٠٠ × ٠,٢٢ = ٣٥٢٠ جنيها في العام.

جـ – تكلفة قطع الغيار والصيانة = ٣٥٠٠٠٠ × ٠,١٥ = ٥٢٥٠٠ جنيه في العام.

د– تكلفة السائق = ١٢ × ٤٠٠ = ٤٨٠٠ جنيه في العام.

هـ– تكلفة التشغيل في العام = ١٦٠٠٠ +٣٥٢٠ + ٥٢٥٠٠ +٤٨٠٠ = ٧٦٨٢٠ جنيها في العام.

ثالثا : التكلفة المتغيرة = ٢٠٠٠ جنيه في العام

التكلفة الكلية في العام = ٨٨٠٠٠ + ٧٦٨٢٠ + ٢٠٠٠ = ١٦٦٨٢٠ جنيها في العام.

التكلفة الكلية في الساعة = ١٦٦٨٢٠ ÷١٦٠٠ = ١٠٤,٣ جنيها في الساعة.

تم بحمد الله

التطبيقات الإضافية

تطبيقات

" تخطيط المشروعات ذات الطبيعة التكرارية "

" Planning of repetitive projects "

بما أن المشروعات ذات الطبيعة التكرارية هي المشروعات التي تتكون من مجموعة من الوحدات المتشابهة تماماً ومن ثم فإن مكونات كل وحدة من هذه الوحدات هي مجموعة من الأنشطة أو البنود أو الأعمال (Activities) المتكررة. ومن أوضح أمثلة هذه المشروعات هي (مشروعات خطوط الأنابيب – مشروعات الطرق – مشروعات الأنفاق – ومشروعات شق الترع والمصارف وغيرها مثل الأبراج السكنية التي بها عدد كبير من الأدوار المتكررة) .

ولشرح فكرة تخطيط المشروعات ذات الطبيعة التكرارية يستعان بالمثال التالي :

فمثلاً إذا رغبنا في تخطيط مشروع خط أنابيب طوله حوالي ٣٠ كم فيمكن تقسيم هذا المشروع إلى عدد من الوحدات كل وحدة طولها ½ كم ، وهذا يعني أن المشروع يتكون من ٦٠ وحدة كل منها يتكون من عدد (٥) خمسة بنود وهي :

١- بند التسوية : وزمن هذا البند يفترض أنه أسبوع واحد .
٢- بند الحفر : وزمن هذا البند يفترض أنه أسبوع واحد .
٣- بند وضع المواسير : وزمن هذا البند يفترض أنه أسبوعان.
٤- بند اختبار المواسير : وزمن هذا البند يفترض أنه ثلاثة أسابيع .
٥- بند الردم : وزمن هذا البند يفترض أنه أسبوع واحد .

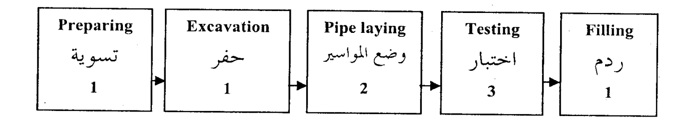
بمعنى أن معدل الإنتاج في كل بند ما يلي :

- البند الأول = تجهيز وتسوية المكان بمعدل ½ كم / أسبوع .
- البند الثاني = حفر الوحدة بمعدل ½ كم / أسبوع .

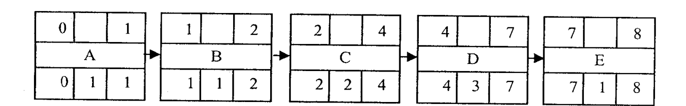
- البند الثالث = وضع المواسير وتثبيتها بمعدل ½ كم / أسبوعين .
- البند الرابع = اختبار المواسير بمعدل ½ كم / ثلاثة أسابيع .
- البند الخامس = أعمال ردم الوحدة بمعدل ½ كم / أسبوع .

ويمكن رسم تخطيطي لهذه الوحدة كما يلي :

الوحدة الأولى وطولها ½ كم يتم إنجازها من خلال الأعمال التالية من اليسار إلى اليمين



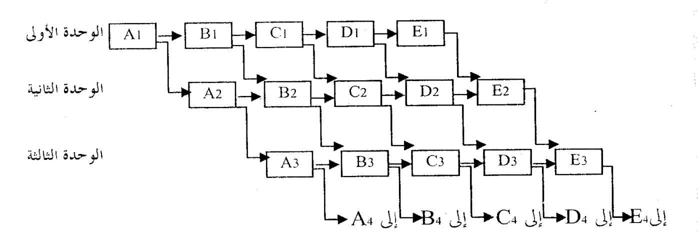
وبالتالي يمكن حساب زمن إنهاء الوحدة الأولى من المشروع على أنها ٨ أسابيع



وليس معنى ذلك أن زمن المشروع = زمن إنهاء الوحدة × عدد الوحدات

= ٨ × ٦٠ = ٤٨٠ أسبوعاً

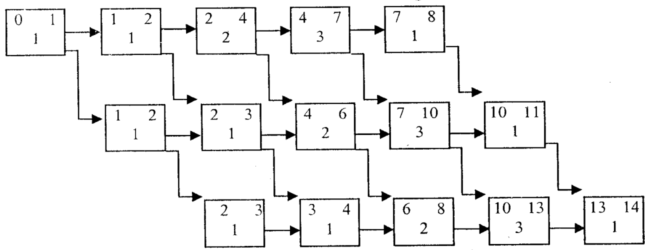
حيث يعني هذا أن تنفيذ الوحدات يتم بطريقة متتالية أي أن بدء تنفيذ الوحدة الثانية لا يبدأ إلا بعد الانتهاء من الوحدة الأولى وهذا يختلف عن الواقع حيث أن تنفيذ الوحدات يتم بالتوازي وليس بالتوالي وذلك واضح من الرسم التالي :



- يلاحظ أن طقم العمل في البند A_1 ينتقل للعمل في A_2 ثم A_3 وهكذا حتى A_{60}
- يلاحظ أن طقم العمل في البند B_1 ينتقل للعمل في B_2 ثم B_3 وهكذا حتى B_{60}
- يلاحظ أن طقم العمل في البند C_1 ينتقل للعمل في C_2 ثم C_3 وهكذا حتى C_{60}

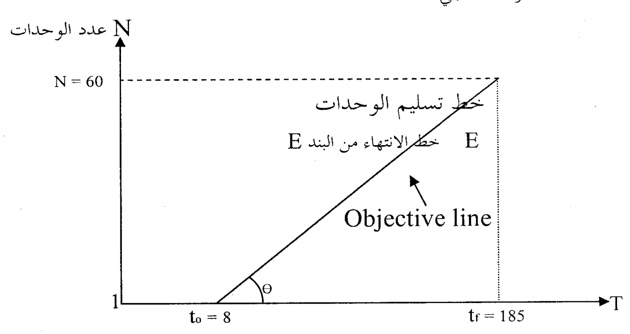
وبالتالي لا يمكن أن نقول إن زمن تنفيذ المشروع وعدد وحداته ٦٠ وحدة هو ٦٠ × ٨ = ٤٨٠ أسبوعاً كما سبق ولكن بسبب أن هناك تداخلاً في العمل بين الوحدات .

بل يمكن حساب زمن المشروع من الملاحظات التالية :



- الوحدة الأولى تنتهي في الأسبوع الثامن .
- الوحدة الثانية تنتهي في الأسبوع الحادي عشر .
- الوحدة الثالثة تنتهي في الأسبوع الرابع عشر .
- الفرق بين تسليم كل وحدة وما قبلها = ثلاثة أسابيع وهو نفسه زمن أطول بند وهو البند D في هذه الحالة .

– وبالتالي يمكن حساب زمن تنفيذ المشروع من العلاقة التالية :
زمن المشروع = (٥٩ وحدة × ٣) + ٨ = ١٧٧ + ٨ = ١٨٥ أسبوعاً
أو زمن المشروع = (٦٠ × ٣) + (٨ – ٣) = ١٨٠ + ٥ = ١٨٥ أسبوعاً
ويمكن كتابة هذه العلاقة كما يلي :
زمن تنفيذ أي مشروع يتكون من عدد (N) من الوحدات
= زمن أطول بند في المسار الحرج من الوحدة × (عدد الوحدات – ١) + زمن إنهاء أول وحدة .
أو = زمن أطول بند في المسار الحرج من الوحدة × (عدد الوحدات) + مجموع أزمنة البنود السابقة واللاحقة لهذا البند في المسار الحرج من الوحدة .
فمثلاً إذا كان عدد الوحدات = ١٠٠ وحدة في المشروع السابق فإن زمن تنفيذ المشروع .
= ٣ × ٩٩ + ٨ = ٢٩٧ + ٨ = ٣٠٥ أسابيع .
أو = ٣ × ١٠٠ + ١ + ١ + ٢ + ١ = ٣٠٠ + ٥ = ٣٠٥ أسابيع .
شرط تطبيق هذه العلاقة هو أن العلاقات بين الأنشطة تكون Finish to Start وأن هناك طقم عمل واحد لكل بند ، أي أن رسم العلاقة بين الزمن وبين معدل إنهاء الأعمال يكون كما يلي :



ظل الزاوية = معدل التسليم = معدل الإنجاز = Tan Θ

معدل التسليم = (معدل الانتهاء من الوحدات) = معدل إنجاز الوحدات

Rate of finishing = Rate of achieving = R

$$R = \tan\theta = \frac{N - 1}{t_f - t_o}$$

حيث N = عدد الوحدات

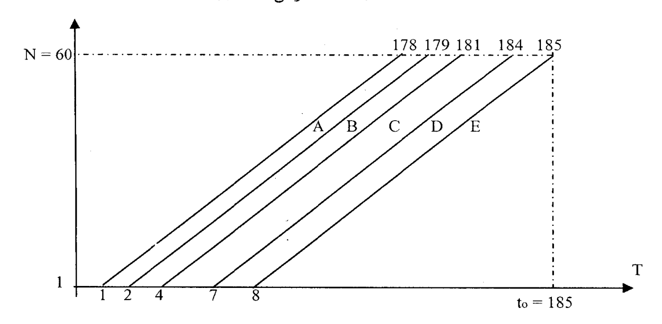
t_o = زمن تسليم الوحدة الأولى

t_f = زمن تسليم الوحدة الأخيرة (N)

وبالمثل يمكن رسم خطوط التسليم لباقي البنود كما يلي :

١- البند D : t_o = ٧ وهو زمن تسليم الوحدة الأولى

t_f = ١٨٥ − ١ = t_f للبند E − زمن تنفيذ البند E = ١٨٤



٢- البند C : t_o = ٤ وهو زمن تسليم الوحدة الأولى

t_r = ١٨١ = t_r للبند D – زمن تنفيذ البند D = ١٨٤ – ٣ = ١٨١

٣- البند B : t_o = ٢ وهو زمن تسليم الوحدة الأولى

t_r = ١٧٩ = t_r للبند C – زمن تنفيذ البند C = ١٨١ – ٢ = ١٧٩

٤- البند A : t_o = ١ وهو زمن تسليم الوحدة الأولى

t_r = ١٧٨ = t_r للبند B – زمن تنفيذ البند B = ١٧٩ – ١ = ١٧٨

ويلاحظ في هذا المثال أن معدل الإنجاز لجميع بنود العمل (A-B-C-D-E) متساوٍ لأي منهم

$$\frac{N-1}{t_r - t_o}$$

$$=\frac{60-1}{185-8}=\frac{60-1}{184-7}=\frac{60-1}{181-4}=\frac{60-1}{174-2}=\frac{60-1}{178-1}=\frac{59}{177}=0.333$$

بمعنى ٣/١ وحدة لكل فترة زمنية أي أن إنجاز كل وحدة يستغرق ٣ وحدات زمنية ويمكن القول إن معدل إنهاء العمل هو كل نصف كم من العمل خلال ٣ أسابيع وذلك بعد تسليم الوحدة الأولى

أي أن زمن تسليم الوحدة الأولى هو الأسبوع الثامن

زمن تسليم الوحدة الثانية هو الأسبوع الحادي عشر

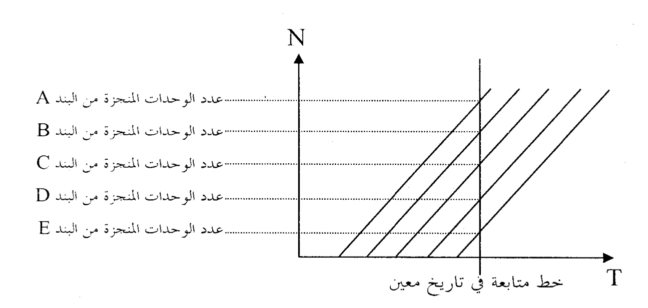
زمن تسليم الوحدة الثالثة هو الأسبوع الرابع عشر

وهذا يؤدي إلى أن تسليم المشروع سوف يتم في زمن ٨ + ٥٩ × ٣ = ١٨٥ وهي نفس النتيجة التي توصلنا إليها سابقاً .

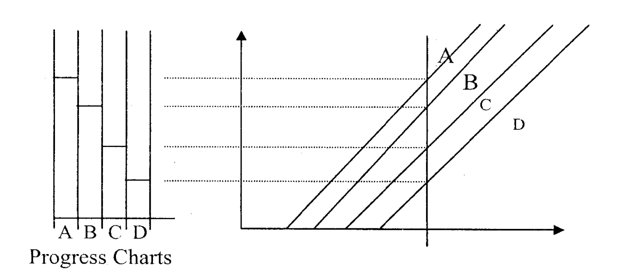
ويمكن القول إن الذي تحكم في تحديد هذا المعدل هو زمن أطول بند وهو في هذه الحالة البند D والذي له زمن ٣ أسابيع لإنجاز أعماله في كل وحدة ومن ثم ترتب على ذلك أن جميع الأعمال في البنود المختلفة تأثرت بهذا المعدل حيث إنه أبطأ بند.

فوائد التخطيط بطريقة خط الاتزان للمشروعات ذات الطبيعة التكرارية :

١ – يمكن متابعة معدل الإنجاز وحجمه عند أي زمن كما هو بالرسم

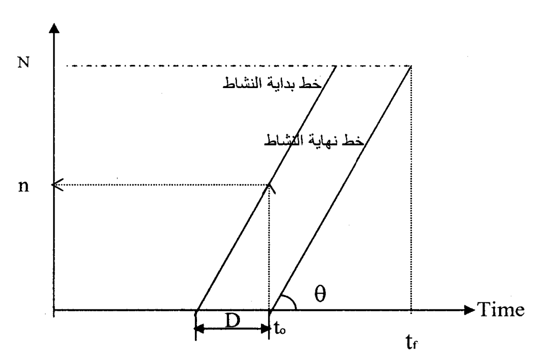


٢ – يتم استنتاج مستوى ومعدل الأداء عند أي زمن خلال مرحلة التنفيذ ومقارنة تقدم العمل الفعلي ومدى الإنجاز Actual progress مع تقدم العمل ومستوى الإنجاز المخطط له Planned values كما في الرسم الحالي



٣- استنتاج بعض العلاقات المهمة من الرسم التالي:

N (عدد وحدات المشروع المتكررة)



t_o = تاريخ الانتهاء من عمل معين **activity** في الوحدة الأولى

t_f = تاريخ الانتهاء من عمل معين **activity** في الوحدة الأخيرة (N)

θ = زاوية ميل خط الهدف **objective line**

ظا θ = R = معدل الإنجاز = $\frac{\text{عدد الوحدات المنجزة}}{\text{زمن الإنجاز}}$

N = عدد الوحدات الكلي

n = عدد الوحدات الكلي المقابل لزمن t_o مع خط بداية النشاط

$$R = \frac{N - 1}{t_f - t_o} \qquad (1)$$

$$t_f = t_o + \frac{N - 1}{R}$$

$$t_o = t_f - \frac{N - 1}{R}$$

مثال:

إذا كان هناك بند عمل (activity) في أحد المشروعات ذات الطبيعة التكرارية والذي يتكون من عدد ٢٥ وحدة وكان تاريخ تنفيذ الوحدة الأولى هو الأسبوع الثالث (t_o) ومعدل الإنجاز هو وحدتان أسبوعياً فإن تاريخ إنجاز أخر وحدة وهي رقم ٢٥ يمكن حسابه من المعادلة التالية :

$$t_f = t_o + \frac{N - 1}{R}$$

$$= 3 + \frac{25 - 1}{2} = 3 + \frac{24}{2} = 3 + 12 = 15 \text{ weeks}$$

أما العلاقة الثانية المهمة فهي علاقة معدل الإنجاز (R) مع زمن تنفيذ البند (D) مع عدد أطقم العمل (Number of crews)

حيث إن :

$$R = \frac{\text{Number of crews}}{D} \qquad (2)$$

وهذا واضح جداً من الرسم السابق .

حيث إن :

$$\tan\theta = R = \frac{N - 1}{D} = \frac{\text{Number of crews}}{D}$$

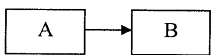
يلاحظ فيما سبق أن هناك افتراضاً قد يكون نادر الحدوث وهو افتراض أن جميع بنود المشروع متساوية في معدل الإنجاز (R) وهذا افتراض غير واقعي وقد يبتعد كثيراً عن طبيعة تنفيذ مشروعات التشييد حيث إن معدلات الإنجاز في الأنشطة المختلفة تكون عادة متباينة وهذا يتطلب الحذر عند تخطيط المشروعات ذات الطبيعة التكرارية بمعنى أخذ تغير معدلات الأداء في الاعتبار عند تخطيط المشروعات بحيث إن البنود التي لها

علاقة ببعضها يجب ألا تتقاطع خطوط عملها (Objective Lines)مـــع بعـــضها البعض لأن ذلك معناه تعطل عمل بعض البنود حتى تنتهي البنود التي قبلها من عملها .
وسوف يتم التعرض إلى ذلك فيما يلي :

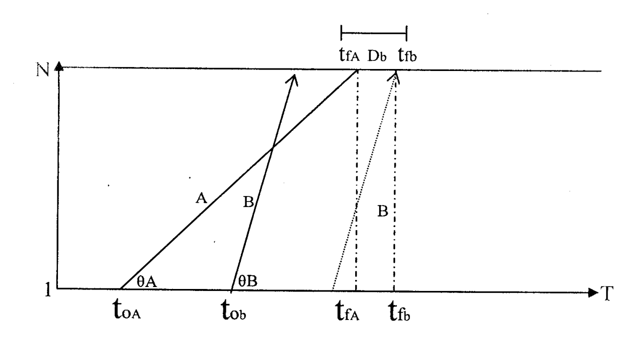
– تخطيط المشروعات ذات البنود المتغيرة في معدل الأداء (الإنجاز)

Activities with vairable production rates

إذا فرض أن هناك بندين متتاليين B & A وأن بداية البند B تعتمد على نهاية البنـــد A بعلاقة نهاية ببداية Finish to start



وحتى يتم التأكد من أن خطوط إنهاء الوحدات لهذين البندين لن يتقاطعا كما هـــو في الرسم التالي :



فيجب تحريك خط إنهاء عمل البند B إلى اليمين مواز لنفسه حتى تكون tf_b على يمين tf_a بمسافة على الأقل تساوي زمن البند B (Duration of B) (D_B)

ويطلق على هذه المسافة buffer time

بمعنى إذا علم tf_A فإن tf_b يمكن حسابه بالعلاقة:

$$tf_B = tf_A + D_B$$

وبالتالي

$$t_{oB} = tf_B - \frac{N-1}{R_B}$$

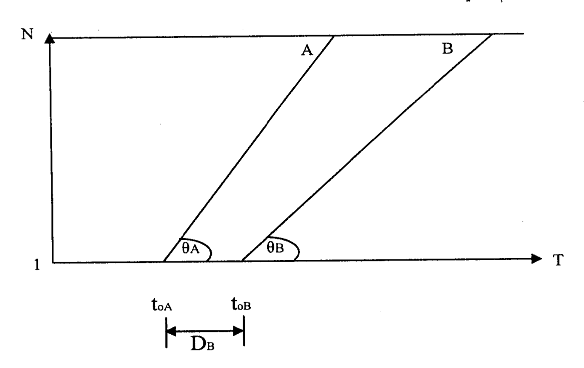
وهذه العلاقة تظهر في حالة ما إذا كان معدل إنجاز B أكبر من معدل إنجاز A

$\theta_B > \theta_A$ $\qquad$ $R_B > R_A$

وإذا كان معدل إنجاز B أقل من إنجاز A

$\theta_B < \theta_A$ $\qquad$ $R_B < R_A$

كما في الرسم التالي :



فيجب تحريك خط إنهاء عمل البند B إلى اليمين حتى تكون t_{oB} تبعد عن t_{oA} بمسافة على الأقل = D_B = زمن البند D

$$t_{oB} = t_{oA} + D_B$$

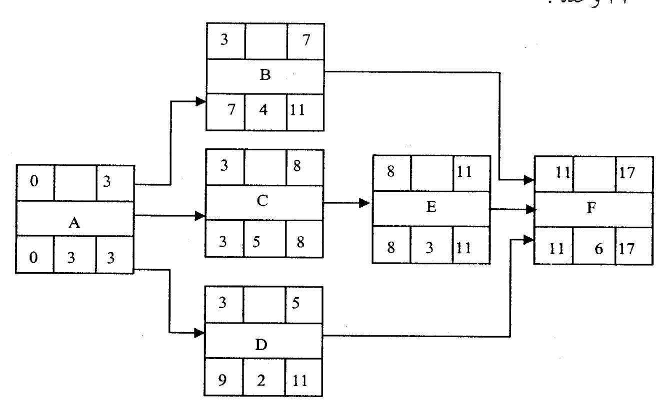
وبالتالي يمكن حساب t_{fB} كما يلي:

$$t_{fB} = t_{oB} + \frac{N-1}{R_B}$$

والأمثلة التالية توضح ذلك :

مثال (١) :

الشكل التالي يمثل التخطيط الشبكي لإحدى الوحدات التي تمثل مشروعاً عدد وحداته ٣٧ وحدة .



والجدول التالي يمثل معدل الإنجاز لكل بند من بنود المشروع

ACT.	A	B	C	D	E	F
Duration	3	4	5	2	3	6
R	2	3	4	2	3	3

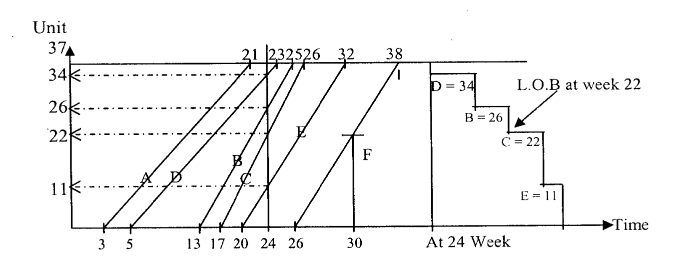
المطلوب :

١ – رسم منحنيات الإنجاز Objective charts للمشروع .

٢– تحديد موقف المشروع في نهاية الأسبوع ٢٤ .

٣– بعمل متابعة في نهاية الأسبوع رقم ٣٠ وجد أن عدد الوحدات التي تم الانتهاء منها في البند F = ١٠ وحدات أوجد عدد الوحدات المخطط إنجازها وما هو الحل المقترح إذا كان هناك اختلاف.

الحل :



The Production Rate must be different to :
$R = N - 1 \ / \ t - t_{or} = 15 - 1 / 30 - 26 = 3.50$

Activity A :

$t_o = 3 \longrightarrow t_f = t_o + \frac{N - 1}{R} = 3 + \frac{37 - 1}{2} = 3 + 18 = 21$

Activity B :

$\because R_B > R_A \longrightarrow t_f$ for $B = 21 + 4 = 25$
$\longrightarrow t_o$ for $B = 25 - \frac{N - 1}{R} = 25 - \frac{36}{3} = 13$

Activity C :

$\because R_C > R_A \longrightarrow t_f$ for $C = 21 + 5 = 26$
$\longrightarrow t_o$ for $C = 26 - \frac{N - 1}{R} = 26 - \frac{36}{4} = 17$

Activity D:

$\because R_D = R_A \longrightarrow t_f$ for $D = 21 + 2 = 23$
$\longrightarrow t_o$ for $D = 3 + 2 = 5$ $\quad A /\!/ D$

Activity E:

$\because R_E < R_C \longrightarrow t_f$ for $E = 17 + 3 = 20$
$\longrightarrow t_o$ for $B = 20 + \frac{N - 1}{R} = 20 + \frac{36}{3} = 32$

Activity F:

$\because R_F = R_E \longrightarrow F /\!/ E \quad t_o = 26 \quad t_f = 38$

ج (٣) : هناك تأخير في معدل الإنجاز حيث إن معدل الإنجاز المخطط هو ٣ وحدات / أسبوع بينما المعدل المتحقق الفعلي عند الأسبوع ٣٠ هو =

$$\frac{10 - 1}{30 - 26} = 2.25$$

ولذلك يجب زيادة المعدل لتعويض التأخير

حيث إن عدد الوحدات المفترض أن يكون تم إنجازها عند نهاية الأسبوع ٣٠ هو ثلاث عشرة وحدة كما هو مبين من الحسابات التالية :

$$3 = \frac{N - 1}{30 - 26} =$$

$$\because \longrightarrow N - 1 = 12$$
$$\therefore \longrightarrow N = 13$$

<u>لذلك يجب عمل التعديل التالي :</u>

زيادة المعدل بحيث ينتهي البند F في الأسبوع ٣٨

وبالتالي يصبح معدل الإنجاز المطلوب في الفترة المتبقية

من الأسبوع ٣٠ وحتى ٣٨ هو

$$= \frac{N - 1}{38 - 30} = \frac{37 - 10}{8} = \frac{27}{8} = 3.375$$

<u>وبالتالي زيادة عدد أطقم العمل ليصبح</u>

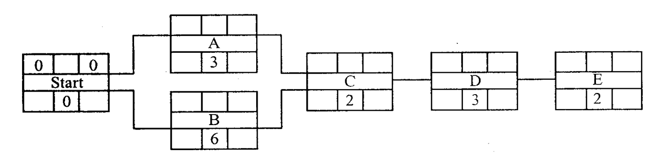
$$3.375 = \frac{\text{No., of crews}}{6}$$

$$\therefore \text{No., of crews} = 6 * 3.375 = 21$$

إذاً لابد من زيادة عدد أطقم العمل من ١٨ إلى ٢١ طقم

مثال (٢) :

الشكل التالي يمثل التخطيط الشبكي لأحد الوحدات التي تمثل مشروعاً عدد وحداته ٦١ وحدة .



والجدول التالي يمثل معدل الإنجاز R لكل بند من بنود المشروع

Activity	A	B	C	D	E
Production rate unit / month (R)	3	4	5	2	3

المطلوب :

١- رسم منحنيات الإنجاز Objective chart للمشروع .

٢- تحديد موقف المشروع في نهاية الشهر السادس عشر .

الحل :

Activity A :

$$t_o = 3 \longrightarrow t_f = t_o + \frac{N-1}{R} = 3 + \frac{61-1}{3} = 23$$

Activity B :

$$t_o = 6 \longrightarrow t_f = t_o + \frac{N-1}{R} = 6 + \frac{61-1}{5} = 18$$

Activity C :

وحيث إن البند C يعتمد على كل من البندين A & B

لذلك نبدأ بمقارنة معدل إنجاز C مع كل من معدل إنجاز A & B

$\because R_C > R_A \quad \& \quad R_C = R_B$

بمقارنة البند C مع البند A وحيث $R_C > R_A$

فنبدأ بتحديد زمن تسليم أخر وحدة من البند C وهي tf

$t_f = 23 + 2 = 25 \qquad t_o = 25 - \frac{60}{5} = 25 - 12 = 13$

بمقارنة البند C مع البند B وحيث $R_C = R_B$

$t_f = 18 + 2 = 20 \quad \& \quad t_o = 6 + 2 = 8$

وللتأكد من أن البند C لن يقطع أي من A أو B فإن :

$t_o = 13 \quad \& \quad t_f = 25$

Activity D :

هذا البند يعتمد على البند C

$\because R_D < R_C$

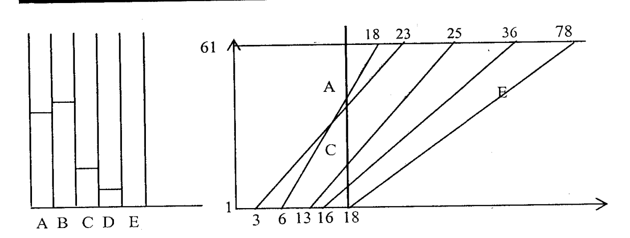
$\longrightarrow t_o = 13 + 3 = 16 \;\; \& \;\; t_f = 16 + \frac{60}{3} = 36$

Activity E :

بمقارنة معدل إنجاز E مع معدل إنجاز D

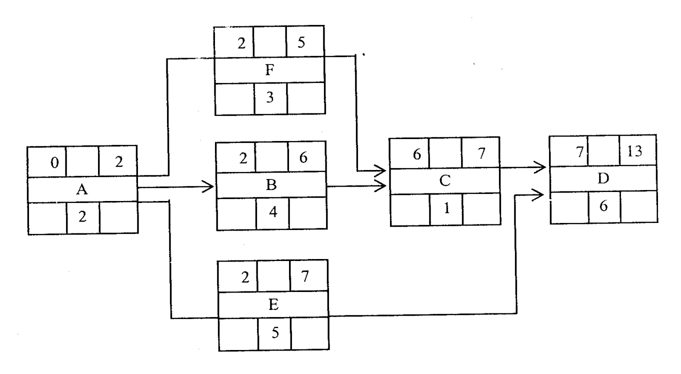
$\because R_E < R_D$

$\longrightarrow t_o = 16 + 2 = 18 \qquad \& \;\; t_f = 18 + \frac{60}{1} = 78$



مثال (٣) :

الشكل التالي يمثل التخطيط الشبكي لأحد الوحدات التي تمثل مشروع عدد وحداته ٢٥ وحدة .



والجدول التالي يمثل عدد أطقم العمل لكل بند من بنود المشروع

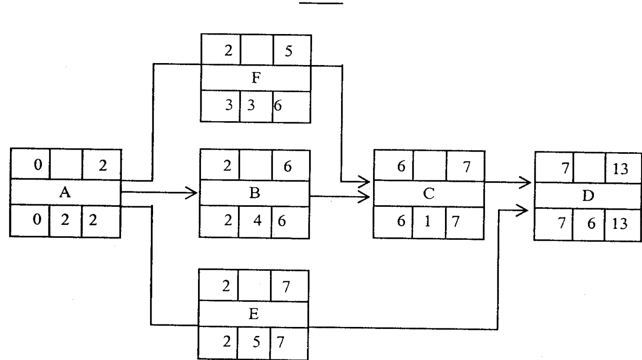
Activity	A	B	C	D	E	F
Max. No. of Crews	4	12	3	6	15	6

المطلوب :

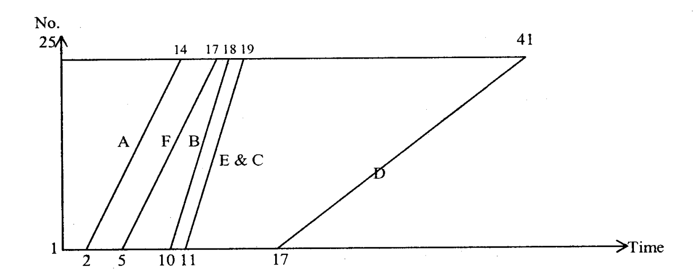
١ – رسم منحنيات الإنجاز Objective chart للمشروع .

٢ – احسب أقل عدد من أطقم العمل التي تعمل في البند E دون أن تسبب أي تأخير للمشروع .

الحل :



Activity	A	B	C	D	E	F
Max. No. of Crews	4	12	3	6	15	6
R = No. of Crews / Duration	2	3	3	1	3	2



Activity A :

$$t_{fA} = t_{oA} + \frac{N-1}{R} = 2 + \frac{24}{2} = 2 + 12 = 14$$

Activity B:

∵ $R_B > R_A$

Buffer between A&B should be at the unit 25

Buffer between A&B = time of B = 4 i,e at week 18

$t_{oB} = t_{Bf} - (n-1)/R = 18 - 24/3 = 18 - 8 = 10$

Activity F :

RF = RA objective line of F // obj. line of A

With buffer of 3 which is the duration of F .

∴ $t_{oF} = 2 + 3 = 5$ & $t_{fF} = 14 + 3 = 17$

Activity E :

$R_E > R_A$ buffer between E & A should be at the upper limit (25 unit) (final unit) = duration of E = 5

$t_{fE} = 14 + 5 = 19$ ∴ $t_o = 19 - \frac{25-1}{3} = 11$

$t_{oE} = t_f - (n - 1) / R = 19 - 24 / 3 = 11$

Activity C :

$R_C = R_B$ buffer between C & B should be at the upper or lower say lower limit (unit one) (first unit) = duration of C = 1

i,e at $t_{oc} = 10 + 1 = 11$

$t_{fc} = t_{oc} + (n - 1) / R = 11 + 24 / 3 = 19$

ينطبق على E

Activity D :

$R_D < R_E$ buffer between D& E should at the lower limit = 6

$\therefore \; t_o = 11 + 6 = 17$

$t_{fD} = 17 + 24 / 1 = 17 + 24 = 41$

E depends on A

$t_f = 41 - 6 = 35$ & $t_o = 2 + 5 = 7$

$t_f = t_o + (n - 1) / R$

$35 = 7 + 24 / R$

$24 / R = 35 - 7 = 28$

$R = 24 / 28$

no. of gonyes = 24 / 28 * 15 / 3 = 4.30 crews ~ 5.0 crews

المصطلحات

Cost estimator	مقدر التكلفة
Activity	نشاط (بند)
Method statement	ورقة عمل
Bill of quantity (BOQ)	جداول الكميات
Gang	طقم عمل
Resources	موارد
Rcaource leveling	تسوية الموارد وانسيابيتها
Site manager	مدير الموقع
Site engineer	مهندس الموقع
Foreman	مسئول طقم عمل
Owner-Promoter-Client	مالك المشروع
Contractor	المقاول
Designer	المصمم
Direct Cost	التكلفة المباشرة
Indirect Cost	التكلفة غير المباشرة
Specifications	المواصفات
Supplementary Conditions	الاشتراطات الخاصة (التكميلية)
Technical specifications	المواصفات التقنية
Closed specifications	المواصفات المحكمة
open specifications	المواصفات المفتوحة

Standard specifications	المواصفات القياسية
Quantity surveys Takeoff	حساب الكميات
Negotiated contract	عقد التنافس
Site Overhead	إدارة الموقع
Headoffice overhead	الإدارة العامة
Risk	المخاطر
Profit	الربح
Insurance	التأمين
Bond	الضمان
Unite rate method	طريقة الوحدة المنتجة
Operational Method	الطريقة العملية
Tendering	عطاءات
Bedding	مناقصة
Planning	تخطيط
Bar Chart	الجدول البياني
Critical Path Method (CPM)	طريقة المسار الحرج
Arrow Diagram	التمثيل بالأسهم
Dummy Activity	النشاط الميت
Network	الرسم الشبكي
Early start	البداية المبكرة للنشاط
Late start	البداية المتأخرة للنشاط

Early Finish	النهاية المبكرة للنشاط
Late Finish	النهاية المتأخرة للنشاط
Duration	زمن النشاط
Critical activity	البند الحرج
Total Floot	فترة السماح الكلي
Free Floot	فترة السماح الجزئي (الحر)
Cash Flow	منحنى التدفق المالي
Construction equipments	معدات التشييد
Productivity	الإنتاجية
Cycle time	زمن الدورة
Loading	تحميل المعدة
Acceleration	التعجيل
Discharge	التفريغ
Fixed time	الزمن الثابت
Variable time	الزمن المتغير
Efficiency of equipmert	كفاءة تشغيل المعدات